

# „Beurteilung vier verschiedener Kompostierungsverfahren“

---

## Jahresarbeit

Thorben Becher

12.08.2013



# 1 Inhalt

2	Einleitung und Zielsetzung .....	3
3	Stand des Wissen.....	4
3.1	Was ist Kompost? .....	4
3.2	Die Phasen der Kompostierung .....	4
3.3	Ziele der Kompostierung .....	5
3.4	Kohlenstoffhaushalt bei der Kompostierung .....	6
3.5	Stickstoffhaushalt bei der Kompostierung (nach Ina Körner) .....	7
3.6	Grundregeln der Kompostierung .....	8
4	Material und Methoden .....	10
4.1	Methoden.....	10
4.2	Material .....	12
4.3	Praktische Vorgehensweise.....	14
5	Ergebnisse.....	19
5.1	Laboranalysen 1.....	19
5.1.1	Rohkompost .....	19
5.1.2	Fertigkompost .....	24
5.2	Bilanzierung des substantiellen Verlustes.....	31
5.2.1	Trockensubstanzbilanz .....	35
5.2.2	C-Bilanz .....	35
5.2.3	N-Bilanz.....	36
5.2.4	C:N-Verhältnis.....	36
5.3	Temperaturdynamik.....	37
5.4	CO <sub>2</sub> -Dynamik.....	40
5.5	Wassergehalt.....	42
5.6	Kompost-Bonitierung .....	43
5.7	Laboranalysen 2.....	47
6	Diskussion.....	53
6.1	Laboranalysen .....	53
6.1.1	Rohkompost .....	53
6.1.2	Fertigkompost .....	53
6.2	Bilanzierung .....	53
6.3	Temperaturdynamik:.....	54
6.4	CO <sub>2</sub> -Dynamik.....	55
6.5	Wassergehalt.....	55

6.6	Kompost-Bonitierung .....	56
6.7	Laboranalysen 2.....	57
7	Sonstiges.....	57
8	Abschlussbetrachtung und Danksagung .....	58
8.1	Kompostierungsprozess .....	58
8.2	Lernprozess.....	60
8.3	Danksagung .....	60
9	Literaturverzeichnis.....	61
10	Anhang.....	62
10.1	Protokoll .....	62
10.2	Temperaturrohdaten.....	63
10.3	CO2-Rohdaten .....	64
10.4	Laboranalysen des einzelnen Komponenten .....	65

## 2 Einleitung und Zielsetzung

Im Rahmen der landwirtschaftlichen Produktion am Dottenfelderhof fallen verschiedene Reststoffe pflanzlicher und tierischer Art an. Diese Stoffe werden zum Teil als Kompost (Mietenkompostierung) im Sinne des Kreislaufgedankens biologisch-dynamischer Wirtschaftsweise wieder in den Betriebskreislauf integriert. Dies ermöglicht den Verzicht auf chemisch aufgeschlossene Düngemittel und die Minimierung externer naturbelassener Düngemittel. Durch die Kompostierung dieser Ausgangsmaterialien entsteht ein Wirtschaftsdünger, welcher umgänglich ist und gezielt eingesetzt werden kann. Der Kompost wird zusätzlich durch die Pflege mit den Kompostpräparaten aufgewertet.

Die am Ende stehende Kompostqualität ist von großer Bedeutung für den Betrieb. Sie entsteht durch den Abgleich der Eigenschaften des Endprodukt mit den daran gestellten –unterschiedlichen- Qualitätsvorstellungen. Diese Vorstellungen könnten in zwei Gruppen geteilt werden. Einerseits sind dies naturwissenschaftliche und andererseits geisteswissenschaftliche (Klett 2012, Dottenfelderhof) Parameter. In jedem Fall sind beide von Bedeutung, nur die Beurteilung und Wertschätzung dieser schwankt von Person zu Person.

Diese, die Qualität beeinflussenden Eigenschaften ergeben sich aus dem Kompostierungsprozess. Diese Jahresarbeit widmet sich im Rahmen der Landbauschule Dottenfelderhof in erster Linie naturwissenschaftlich erfassbaren Parametern. Es wurden vier unterschiedliche Kompostierungstechniken bewertet. Diese unterscheiden sich hauptsächlich hinsichtlich der Pflegeintensität. Hauptaugenmerk galt hierbei den Substanz-, sowie Nährstoffverlusten. Zu diesem Zweck wurden vier Kompostmieten mit gleicher Zusammensetzung auf unterschiedliche Weise gepflegt. Die gesamte Masse wurde vor und nach der Rotte gewogen und hinsichtlich Trockensubstanz und Nährstoffen analysiert. Dies erfolgte in Zusammenarbeit mit Dr. Schaaf vom Landeslabor Hessische Landwirtschaft (LHL) in Kassel. Weiterhin wurden die Temperatur- und Kohlenstoffdioxidynamik mitverfolgt.

Diese Daten sollen dabei helfen, die optimale Form der Kompostierung an diesem Standort auszumachen, was stets das Anliegen der Landwirte an diesem Ort war.

## 3 Stand des Wissen

### 3.1 Was ist Kompost?

Kompost (lat. *compositum*: Zusammengesetztes) ist ein „aus tierischen und pflanzlichen Abfällen erzeugtes Verrottungsprodukt. Die Abfälle werden einer aeroben Umsetzung überlassen“ (Brockhaus 1990). Der Begriff „Abfälle“ impliziert, dass es sich um einen anthropogen eingeleiteten Prozess handelt, da es in der Natur keine „Abfälle“ gibt. Auch wenn die Wortherkunft (*compositum*) darauf hindeutet, dass es sich um einen stationären Vorgang handelt (Mietenkompostierung), sollte weiterhin die sog. Flächenkompostierung (Rusch 1968) nicht vergessen werden. Da die Mietenkompostierung im Rahmen landwirtschaftlicher Stoffkreisläufe der Mittelpunkt dieser Jahresarbeit ist, ist im Folgenden stets von dieser Variante die Rede. Der Kompostierungsvorgang ahmt die natürlichen Umsetzungsvorgänge organischer Substanz in und auf dem Boden nach (Hildebrandt). Damit sind aerobe sukzessive Ab-, Um- und Aufbauprozesse der Primärschubstanz zu Wasser, Energie, flüchtigen Verbindungen ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4$   $\text{SO}_4$ ,...), mineralischen Pflanzennährstoffen ( $\text{NO}_3$ , K, Ca, Mg,  $\text{SO}_4$ ,...) und neuen organischen Verbindungen (Huminstoffe) gemeint (Gottschall 1985). An diesen Vorgängen sind je nach Kompostierungsverfahren Mikro-, Meso- und evtl. Makroorganismen beteiligt (Gottschall 1985). Die Besonderheit der Mietenkompostierung besteht darin, alle im landwirtschaftlichen Betrieb kontinuierlich anfallenden organischen Reststoffe über einen bestimmten Zeitraum zentral zu sammeln und zu kompostieren, um sie zur passenden Zeit gezielt auf die Nutzflächen ausbringen zu können. Der gesamte Kompostierungszeitraum kann in verschiedene **Phasen** eingeteilt werden, welche sich durch unterschiedliche Organismenpopulationen, Milieubedingungen sowie Rottegrade voneinander unterscheiden lassen (Körner 2008):

### 3.2 Die Phasen der Kompostierung

- **Erste mesophile Phase:** In der Anfangsphase herrschen mesophile Organismen vor (z.B. säureproduzierende Bakterien und zuckerverwertende Pilze) (Körner 2008). Sie zersetzen leicht abbaubare organische Substanzen wie Proteine, kurzkettige Kohlenhydrate (v.a. Zucker) sowie Glycerin. Der pH-Wert fällt leicht ab und die Temperatur steigt in der Miete auf 40°C.
- **Thermophile Phase:** Bei optimalen Ausgangsbedingungen erwärmt sich die Miete weiter durch die Aktivität verschiedener thermophiler Bakterien, Actinomyceten/-bakteria und Pilze. In dieser Phase werden neben leicht abbaubaren bereits mittelschwer abbaubare Substanzen (Zellulose, Hemizellulose, Pektine,...) abgebaut (Abbauphase). Die Zellulose wird in dieser Phase hauptsächlich durch Pilze zersetzt. Bei Temperaturen über 65°C sind keine Pilze mehr aktiv. Bei noch höheren Temperaturen ziehen sich dann auch Actinobacteria zurück, sodass bei Temperaturen um 75°C hauptsächlich Bakterien leben. Der pH-Wert steigt durch die Freisetzung von Alkali- sowie Erdalkaliionen wieder an (Gottschall 1985).
- **Abkühlungsphase:** Sobald die leichtabbaubaren, „hitzigen“ organischen Substanzen abgebaut sind kühlt der Kompost wieder ab. Er wird wieder von Mikroorganismen besiedelt, die entweder die Thermophile Phase durch Sporen- oder Konidienbildung überlebt haben oder von außen eingetragen werden. Die Temperaturen fallen wieder in den mesophilen Bereich (Körner 2008).
- **Zweite mesophile Phase:** In dieser Phase werden nun neben restlicher Zellulose auch schwer abbaubare Substanzen wie Lignin zersetzt (Gottschall 1985). Hierbei kommt es neben Abbauvermehrung zu Um- und Aufbauprozessen. Stabile Humusverbindungen entstehen. In dieser Phase herrschen insbesondere Pilze (Basidiomyceten etc.) vor, da sie an die schwerer abbaubaren

Substratkomponenten und die tendenziell geringere Substratfeuchte angepasst sind (Körner 2008).

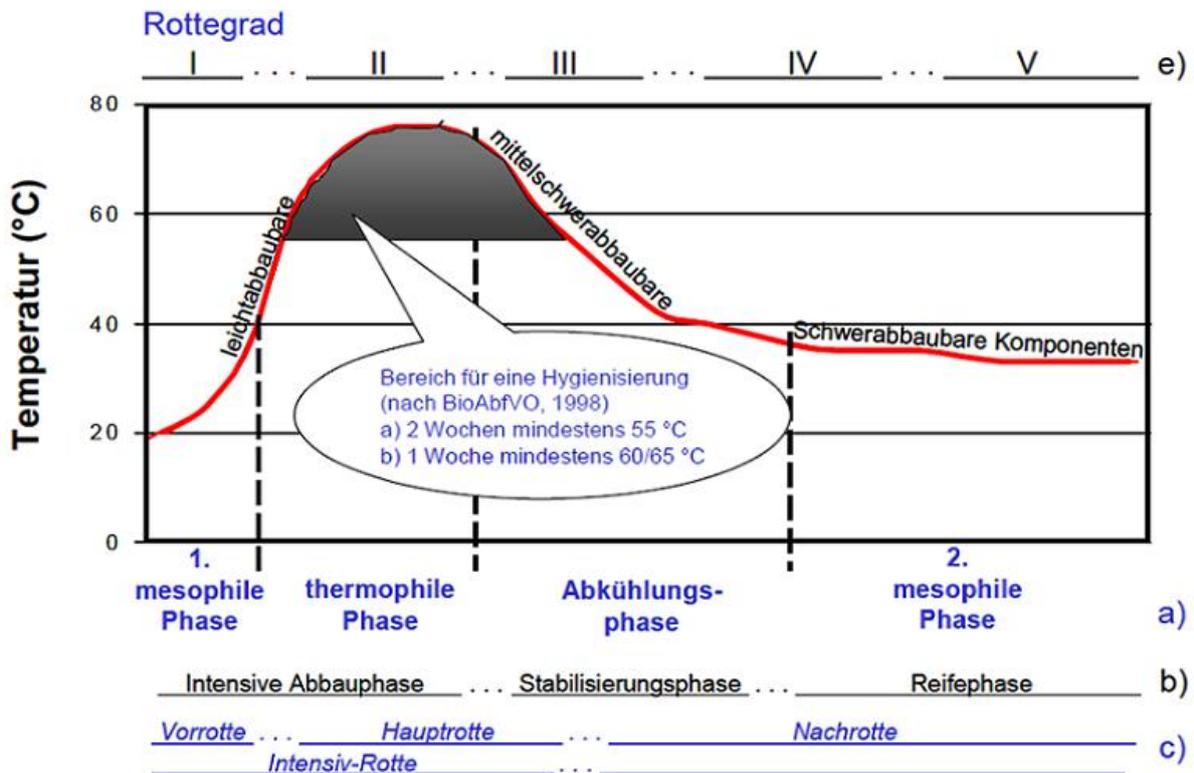


Abbildung 1: Die Phasen der Kompostierung (Körner 2008)

Der Verlauf dieser Phasen variiert von Miete zu Miete und hängt stark vom Ausgangsmaterial und der Mietenpflege ab. Die Abbauprozesse verlaufen im Kompost wesentlich schneller ab als im und auf dem Boden (von Heynitz 1983).

### 3.3 Ziele der Kompostierung

- Im Zuge der Kompostierung entstehen durch Lebensprozesse verschiedene flüchtige oder leicht wasserlösliche Moleküle. Diese können mit der Abluft, oder über das Sickerwasser aus dem Kreislauf entweichen und negativ auf die Umwelt (Grundwasser-, Gewässerbelastung und Klimawirksamkeit (N<sub>2</sub>O)) wirken. Gerade auf biologisch- dynamischen Betrieben gilt es diese Verluste zu minimieren und möglichst viele Stoffe im **Betriebskreislauf** zu halten.
- Die hohe Temperatur, die während des Kompostierens entsteht, hat **hygienisierende** Wirkung auf das Ausgangssubstrat. Organische Toxine, Pflanzen- und Tierpathogene (Humanpathogene) sowie weitere organische Schadstoffe (Medikamente, Biozide, ...) werden bei ordnungsgemäßer Technik unschädlich gemacht. Auch die meisten Unkrautsamen verlieren ihre Keimfähigkeit bei diesen Umgebungsbedingungen. Weitere Samen (vor allem in den Randschichten der Miete) werden zum Keimen angeregt und anschließend durch das Wenden des Kompostes vernichtet (Gottschall 1985).
- Bei Zugabe mineralischer Zuschlagsstoffe (**Gesteinsmehle**) sollen diese durch die starke mikrobielle Aktivität (Bakterien und Pilze) aufgeschlossen werden und dadurch in pflanzenverfügbare Form in den Kreislauf eingeführt werden.
- Das Endprodukt der Kompostierung soll einerseits aus stabilen, im Boden überdauernden Humusformen (Ton-Humuskomplexe, Huminstoffe, Lignoproteine,...) sowie aus

pflanzennährenden organischen Verbindungen (**Nährhumus**) bestehen. Der Anteil dieser Eigenschaften ist u.a. stark vom Alter des Kompostes abhängig. Während Reifkomposte große Anteile stabiler Humusverbindungen aufweisen, muss bei jungem Kompost die „Entwicklung“ zu **Dauerhumus** noch im Boden vollzogen werden. Die Wirkung des Humus im Boden ist sehr vielfältig und von großer Wichtigkeit für die Fruchtbarkeit eines Bodens. Ein erhöhter Humusgehalt beeinflusst das Bodengefüge sehr positiv. Eigenschaften wie Erosionsanfälligkeit, Belastbarkeit, Bearbeitbarkeit, Bodenerwärmung und Wasserhaltekapazität werden positiv beeinflusst. Weiterhin wirkt Humusanreicherung im Boden dem Klimawandel entgegen (CO<sub>2</sub> Bindung).

- Während der Kompostierung entstehen verschiedene organische Verbindungen (**Wirkstoffe**), die das Pflanzenwachstum stimulieren sowie positive Auswirkungen auf die Pflanzengesundheit haben können (Gottschall 1985). Weiterhin wird Kompost eine **phytosanitäre Wirkung** zugeschrieben. Im Kartoffelanbau kann z.B. eine Kompostgabe zur Pflanzfurche den Rhizoctonia-Befall des Ernteguts verkleinern (Schulte-Geldermann 2007).
- Durch die Ausbringung von Kompost gelangt eine vielfältige Mikrofauna auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen (Hildebrand). Bei günstiger und nachhaltiger Fruchtfolgegestaltung können sich diese im Boden vermehren. Die anfallenden Ernte- und Wurzelrückstände sowie Gründünger können durch diese **Belebung** nun besser in Pflanzennährstoffe und Dauerhumus umgesetzt werden. Die Bodenfruchtbarkeit wird gefördert.
- Die **Nährstoffnachlieferung** aus dem Kompost soll **pflanzengerecht** erfolgen. Eine stoßweise, triebige Düngung soll vermieden werden (Gottschall 1985), was z.B. im Obstbau von großer Bedeutung ist. Außerdem hat Humus ein ausgeprägtes Nährstoff- sowie Wasserspeicher und -abgabevermögen.

Die Liste der positiven Eigenschaften ist mit diesen Punkten bestimmt noch nicht erschöpft.

### 3.4 Kohlenstoffhaushalt bei der Kompostierung

Kohlenstoff ist Bestandteil aller organischen Ausgangsstoffe des Kompostes. Dazu gehören u.a. Lipide (Fette, Gerbstoffe...), Sacharide (Lignin, Pektine, Zellulose, Hemizellulose, Zucker,...) und Proteine. Die Lebewesen im Kompost bauen unter Sauerstoff- und Wasserzufuhr energiereiche Kohlenstoffverbindungen ab, um die Energie für ihren eigenen Stoffwechsel nutzen zu können. In diesem Zuge werden körpereigene Substanz und stabile Humusverbindungen aufgebaut, aus welchen Huminstoffe entstehen können. Leicht abbaubare organische Primärschubstanz wird während der Kompostierung vollends ab- und umgebaut, während schwer abbaubare organische Primärschubstanz zum Teil für längere Zeit erhalten bleibt. Stets entstehen gasförmige kohlenstoffhaltige Endprodukte wie Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Kohlenmonoxid (CO), welche in die Atmosphäre entweichen können. Dabei beeinflussen die Milieubedingungen stark den Abbauweg. Bei hohem Sauerstoffangebot (O<sub>2</sub>) wird fast ausschließlich Kohlenstoffdioxid gebildet, wohingegen bei niedrigem Sauerstoffangebot vermehrt Methan und Kohlenmonoxid entstehen. Während Kohlenmonoxid in der Atmosphäre zu Kohlenstoffdioxid oxidiert, hat Methan als Treibhausgas eine ca. 20fach stärkere Klimawirksamkeit als Kohlenstoffdioxid. Die Höhe des Kohlenstoffschwunds während der Kompostierung ist wesentlich vom C:N-Verhältnis des Ausgangsmaterials abhängig. Je weiter dieses ist, umso höher ist der Kohlenstoffverlust. Die verschiedenen Auswirkungen der Pflege sind Teil der Fragestellung dieses Projektes. In welcher Phase der Kompostierung die unterschiedlichen C-Verbindungen abgebaut werden siehe Kapitel 3.2.

### 3.5 Stickstoffhaushalt bei der Kompostierung (nach Ina Körner)

Die Stickstoffdynamik im Kompost ist sehr vielfältig. Abbildung 2 fasst alle wesentlichen Prozesse der Stickstoffdynamik im Kompost zusammen.

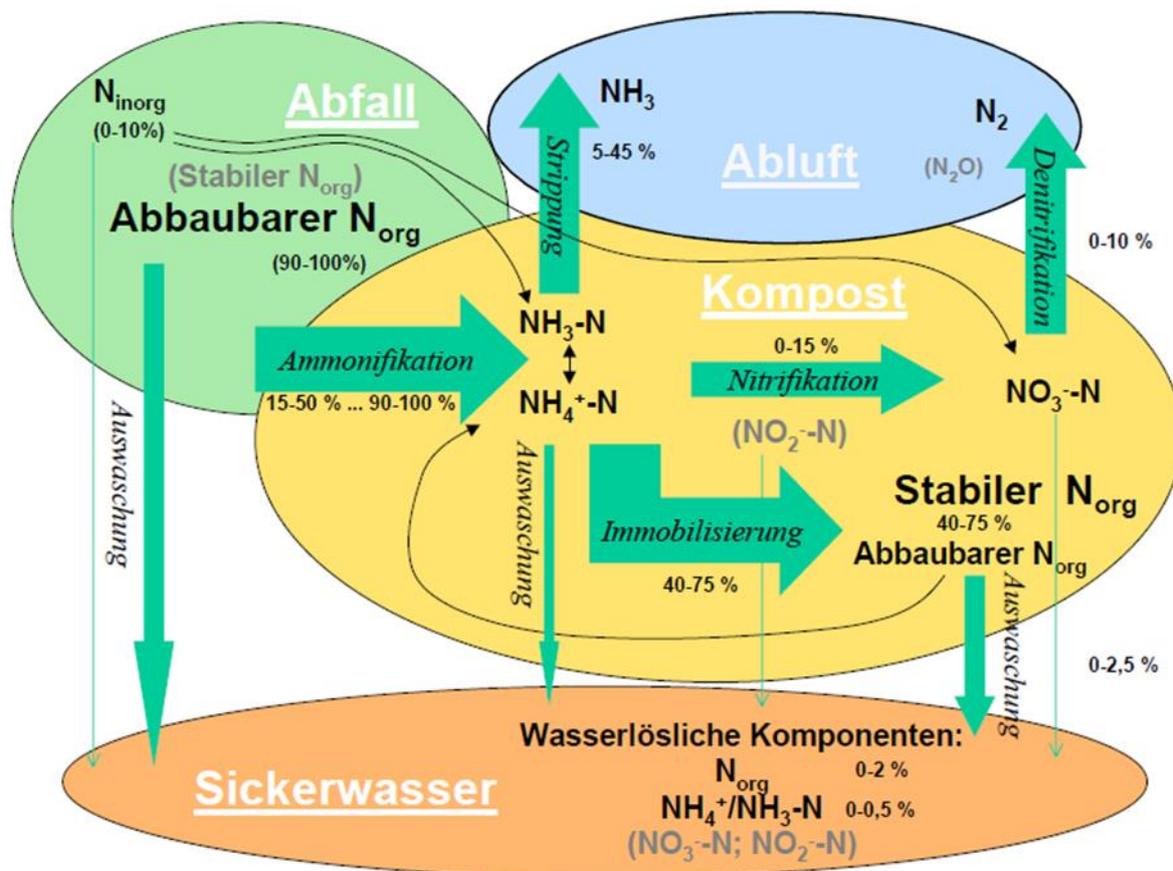


Abbildung 2: Stickstoffdynamik im Kompost (Körner 2008)

In den Ausgangsstoffen ist der Stickstoff zumeist organisch gebunden. Der größte Teil liegt in Form von Proteinen vor. In Exkrementen kann er zusätzlich in Form von Harnstoff und in anorganischer Form (Ammoniak/Ammonium) vorkommen. Zu Beginn des Kompostierungsvorgangs entsteht durch den Abbau des Harnstoffs (Gottschar 1985) und weiteren organischen N-Verbindungen Ammonium (Ammonifikation). Die stärkste Akkumulation dieses Stoffes wird zumeist während der thermophilen und der Abkühlungsphase verzeichnet. Ammonium kann auf verschiedene Weisen weiter umgesetzt werden:

1. Aufgrund des Reaktionsgleichgewichts kann unter Protonenabgabe Ammoniak entstehen, welches volatil entweichen kann (Strippung).
2. Immobilisierung in mikrobielle Biomasse und weiteren organischen Verbindungen. Dieser festgelegte Stickstoff kann im Laufe der Kompostierung wieder ammonifiziert werden.
3. Durch Nitrifikationsprozesse entstehen Nitrit ( $NO_2^-$ ) und Nitrat ( $NO_3^-$ ).

Das gebildete Nitrat kann ebenso biologisch fixiert werden. Andererseits wird es oft weiter denitrifiziert und entweicht als Distickstoff ( $N_2$ ). Bei anaeroben Verhältnissen kann die Nitrifikation nicht vollständig zu  $NO_3^-$  erfolgen. Es fallen Zwischenprodukte wie Lachgas ( $N_2O$ ) an, welches gasförmig entweichen kann (Gottschar 1985). Lachgas hat einerseits negative Auswirkungen auf die Ozonschicht und ist andererseits äußerst klimaschädlich. Es ist etwa 300mal so klimawirksam wie

Kohlenstoffdioxid. Alle organischen sowie anorganischen wasserlöslichen Stickstoffverbindungen können bei Sickerwasserbildung ausgespült werden.

Auch wenn die hier beschriebenen Vorgänge schematisch nacheinander dargestellt wurden, laufen viele Vorgänge nebeneinander ab. Allerdings sind die Prozessintensitäten meist in bestimmte Phasen der Kompostierung gesetzmäßig höher als in anderen. Wie oben bereits erwähnt ist der  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$  Gehalt in der thermophilen Phase wie in der Abkühlungsphase sehr hoch. Nitrifikation und Denitrifikation laufen hauptsächlich während der Abkühlungsphase sowie teils in der Reifephase ab. Der größte Stickstoffanteil ist während der ganzen Zeit organisch gebunden, insbesondere im reifen Kompost.

Die Intensität und der Zeitpunkt der unterschiedlichen Vorgänge im Stickstoffhaushalt schwanken je nach Ausgangsmaterialien (C:N-Verhältnis, Wassergehalt, pH-Wert, leicht verfügbarer Stickstoff und schwer verfügbarer Stickstoff,...), Umgebungsbedingungen (Temperatur,...) und Kompostpflege. Wie die unterschiedlichen Parameter zur Verlustminimierung einzustellen sind ist teilweise im nächsten Kapitel beschrieben und soll vor allem im Rahmen dieser Projektarbeit geklärt werden. Mit den in diesem Rahmen dargestellten chemischen Reaktionswegen des Stickstoffs sind nicht alle Möglichkeiten, jedoch die Bedeutendsten genannt.

### 3.6 Grundregeln der Kompostierung

Jeder Kompost ist ein Organismus und daher individuell. Folgende Regeln können beim Umgang mit dem Kompost beherzigt werden um eine gute Rotte zu begünstigen und um der "guten landwirtschaftlichen Praxis" gerecht zu werden. Substanz- sowie Nährstoffverluste (insb. C und N) und Schadstoffentstehung können minimiert werden, hohe biologische Aktivität und die Bildung stabiler Humusformen kann gefördert werden.

#### Lagerung der Ausgangsmaterialien

- N-reiche Verbindungen mit lignin- oder zellulosereichem Material mischen. Es sollte sich kein Sickerwasser bilden.
- Milchsäurebakterien können konservierend wirken und vor Verlusten schützen

#### Zusammenstellung der Miete

- Auf optimales C:N-Verhältnis achten. Ist dieses zu eng können vermehrt Stickstoffverbindungen als Energiequelle (Mikroorganismen) genutzt werden (Gottschall 1985), was die N-Verluste erhöhen kann. Ein Ausgangs-C:N-Verhältnis von 30:1 wird oft als empfehlenswert beschrieben. Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn Kohlenstoff während des ganzen Prozesses möglichst angepasst freigesetzt wird.
- Der Wassergehalt sollte zwischen 50% und 60% liegen, damit alle Lebensprozesse gut ablaufen können.
- Die Struktur des Ausgangsmaterials sollte eine gute Wasser- sowie Luftversorgung der Miete gewährleisten.
- Eine Beimischung von tonhaltiger Erde fördert die Bildung von stabilen Ton-Humus-Komplexen. Weiterhin hat der Ton die Eigenschaft Ammonium in seine Kristallstruktur aufzunehmen und dadurch dessen Verlust zu mindern. Gesteinsmehle wirken ähnlich (Gottschall 1985).
- Bei hohem Mistanteil kann schnell verfügbarer Kalk das Ausgasen von Ammoniak fördern. Kalksplit allerdings kann sich positiv auf den Prozess auswirken.

## **Pflege**

- Die Temperatur sollte über längere Zeiträume nicht 55°C überschreiten, da der Zelluloseabbau hierdurch gehemmt würde und somit wenig Kohlenstoff für den Nährstoffeinbau zur Verfügung steht (Gottschall 1985). Der volatile Verlust ( $\text{NH}_3$ ) kann zunehmen (Körner 2008). Die hohe Temperatur hat weitere negative Auswirkungen wie eine zu starke unerwünschte Verkohlung des Materials.
- Der Wassergehalt sollte auf dem optimalen Niveau erhalten bleiben. Dies verhindert Auswaschungen und ist die Grundlage für hohe Lebendigkeit. Anaerobe Verhältnisse führen zu Fäulnis, was nicht erwünscht ist. Trockenheit legt Lebensprozesse lahm.
- Die Intensität der Pflege und deren Auswirkungen soll in diesem Versuch untersucht werden

Diese Angaben erschöpfen bei weitem nicht den kompletten Kenntnisstand auf diesem Feld. Sie stellen aber einen grundlegenden Teil dessen dar.

## 4 Material und Methoden

### 4.1 Methoden

Im Rahmen dieser Projektarbeit wurden vier Methoden der Kompostierung, welche sich hauptsächlich in der Umsetzungsintensität voneinander unterscheiden, miteinander verglichen. Dabei stand die Frage nach einem sinnvollen Verhältnis von Arbeits- und Materialeinsatz zur dadurch bedingten Endproduktbeschaffenheit im Fokus. Bei der Zusammenstellung aller Mieten wurde daher versucht anteilig und qualitativ möglichst identische Ausgangsmaterialien zu verwenden. Die Zusammensetzung der Mieten war also nur indirekt von Bedeutung. Der Unterschied zwischen den Varianten wurde durch die Art der Kompostpflege erreicht. Jede Variante umfasste aufgrund der großen Massen lediglich eine Wiederholung. Das gesamte verwendete Material wurde vor dem Aufsetzen eingewogen und am Ende ausgewogen.

In enger Zusammenarbeit mit dem LHL wurden viele Laboranalysen, zugunsten der Genauigkeit und der Aussagekraft der Ergebnisse, durchgeführt. Eingangs (29.4.2013) wurden alle Ausgangsstoffe separat analysiert (siehe Anhang). Dann wurden Proben unmittelbar nach dem Aufsetzen und Durchmischen der Versuchsmieten genommen und ins Labor zur Untersuchung gebracht (3./4.5.2013). Ein letztes Mal wurden etwa drei Monate später Analyseproben eingeschickt nachdem die Versuchszeit vorbei war und der Kompostierungsprozess im Wesentlichen abgeschlossen war (30.7.2013). Als Sicherheit wurden eigene Trockenmassebestimmung mittels Trockenschrank vor Ort durchgeführt. Zusätzlich erfolgten Trockengehaltsbestimmungen während des Kompostierungsprozess um den Wassergehalt der Mieten zu verfolgen. Dies war das grundlegende Maß um den Rotteprozess durch Wasserzugabe zu lenken. Die Gesamtproben waren stets aus vielen kleinen Proben aus allen Bereichen der Miete zusammengestellt um diese möglichst gut zu repräsentieren. Diese Vorgehensweise ermöglicht zusammen mit den Wiegeungen eine Bilanzierung der Masse- sowie Nährstoffverluste.

Um die Masse und Nährstoffverluste möglichst fehlerfrei zu erfassen wurden drei (Variante 1-3) der vier Varianten auf befestigten Untergrund (Pflasterstein) angelegt. Die vierte Variante wurde auf offenem Boden aufgestellt.

Die Entwicklung der Komposthaufen wurde täglich durch Temperatur- und CO<sub>2</sub>-Gehaltsmessung begleitet. Diese Daten wurden meist an vier Messstellen je Miete erhoben. Die Temperatur wurde stets im Mietenmittelpunkt gemessen. Aufgrund der spezifischen Schwere von CO<sub>2</sub> und der hierdurch bedingten Ansammlung am Mietengrund wurde der CO<sub>2</sub>-Gehalt unterhalb des Mietenzentrums gemessen (ca. 20-25 cm über dem befestigten Untergrund). Variante 4 stellt diesbezüglich eine Ausnahme dar. Die äußere Form glich eher einem Silo und nicht wie die anderen 3 Varianten einer typischen länglichen Kompostmiete. Näheres wird aus den folgenden Fotos und Beschreibungen ersichtlich. In dieser Variante wurden die Messergebnisse von der Oberfläche aus in verschiedenen Tiefen gewonnen. Die Temperatur-sowie die CO<sub>2</sub>-Dynamik sind Zeigerwerte für die mikrobielle Aktivität im Komposthaufen, bei welcher Wärme (Prozesswärme) und CO<sub>2</sub> (Zellatmung) frei wird. Es wurde ein Sonden-Thermometer und ein CO<sub>2</sub>-Messgerät aus dem Schornsteinfegerbedarf verwendet. Das Thermometer wurde im Voraus geeicht. Die Kompostmieten (Variante 1-3) waren zu Beginn des Versuchs etwa 2m breit, ca. 1,4m hoch und 12-14m lang. Die Wendung der Mieten erfolgte mit einem traktorbetriebenen Kompostwender. Der eingebaute Spritzbogen ermöglichte eine Benässung des Materials während des Wendevorgangs. Die Mieten waren zum Schutz gegen Regen und vor Austrocknung stets mit Kompostvliesen abgedeckt.

Folgende Kompostierungsverfahren wurden getestet:

**I. Variante 1: Aerobe Kompostierung nach Urs Hildebrandt**

Diese Variante stellt die intensivste der vier Kompostierungsmethoden dar. Der Kompost wird gewendet sobald der O<sub>2</sub>-Gehalt in der Miete unter 8% fällt. Die angestrebte Rottetemperatur ist 55°C. Die Miete sollte zu 60% aus Wasser bestehen. Diese Vorgaben führen dazu, dass der Komposthaufen in den ersten Tagen täglich gewendet werden muss, da die mikrobielle Aktivität so stark ist, dass sehr schnell CO<sub>2</sub> innerhalb eines Tages nachgeliefert werden kann. Sobald sich diese Phase beruhigt, wird auch die Wendehäufigkeit geringer. Das Wenden hat den Effekt, dass CO<sub>2</sub> aus der Miete entlassen, O<sub>2</sub> in die Miete gebracht wird und dass die Temperatur entweichen kann. Desweiteren wird durch das Wenden eine Homogenisierung des Materials durch die mechanischen Einwirkungen erreicht und die Wasserverteilung innerhalb der Miete vereinheitlicht. Dies hat zum Vorteil, dass alle an der Rotte beteiligten Organismen stets unter aeroben Bedingungen leben können und stets genug Wasser zur Verfügung haben. Dadurch soll ein stabiler Kompost aufgebaut werden, welcher sich positiv auf das Pflanzenwachstum und den Boden auswirkt. Es sollen sich keine phytotoxischen Faulgase (anaerober Stoffwechsel) anreichern. Der Kompost ist innerhalb weniger Wochen ausbringebereit. Der Maschinen- und Zeiteinsatz ist sehr hoch. Weiterhin können durch das häufige Wenden vermehrt gasförmige Substanzen entweichen.

**II. Variante 2: Kompostierung nach „Dottenfelderhof-Art“**

Mit dieser Variante soll die gängige Kompostierungspraxis des Dottenfelderhofs zwischen den anderen Verfahren eingeordnet werden. Es ist eine Methode, welche sich zum Teil aus den Überlegungen von Urs Hildebrandt, in den letzten Jahren auf dem Dottenfelderhof herausgebildet hat. Die Wendehäufigkeit ist deutlich geringer als bei Variante 1. Der Zeitpunkt des Wendens richtet sich nicht so streng nach dem CO<sub>2</sub>-Gehalt. Der Alltag auf dem biodynamischen Hof (hohe Maschinen- und Arbeitszeitaufwand) setzt die Grenzen diesbezüglich. Die restlichen anstrebenswerten Parameter (Wasser, Temperatur) gleichen den oben genannten Faustzahlen.

**III. Variante 3: Extensive Kompostierung**

Diese Variante repräsentiert wohl die „traditionellste“ Art der Kompostierung. Ziel war anfangs die Miete aufzusetzen und die erste Wendung durchzuführen sobald die Abkühlphase deutlich einsetzt. Dies war allerdings nicht möglich, da die Miete im äußeren Bereich durch eine starke Hitzeentwicklung so schnell austrocknete, dass dort alle mikrobiellen Prozesse zum Erliegen kamen. Wir haben uns daraufhin entschlossen den Haufen vorzeitig zu wenden, um damit die Vergleichbarkeit der Varianten zu erhalten.

**IV. Variante 4: Mikrobielle Karbonisierung**

Mikrobielle Karbonisierung meint eine spezielle Form des Stoffwechsels durch bestimmte (hauptsächlich anaerobe) Mikroorganismen. Diese Form der Reststoffaufbereitung in landwirtschaftlichen Betrieben stellt sich seit neuem als Alternative zur herkömmlichen Kompostierung dar. Bei dieser „revolutionären“ Technik werden organische Ausgangsstoffe anfangs in „Siloform“ gebracht. Unter den entstehenden anaeroben Sauerstoffverhältnissen sollen eine Vielzahl von Bakterien bei geringen volatilen Verlusten ein sehr stabiles „Kompost“ entstehen lassen. Der Prozess sollte ebenfalls nur wenige Wochen (8-12) dauern. Weiterhin entsteht aufgrund des Sauerstoffmangels keine starke Erhitzung, Temperaturen von 45-50°C werden in der Literatur beschrieben (Wonschik 2012). Das Endprodukt soll ähnlich gute oder gar bessere Auswirkungen auf den Boden haben wie Kompost. Die Pioniere dieser Technik sind der

Auffassung, dass solche Phänomene grundlegend für die fruchtbaren Terra-Preta-Böden im Amazonasgebiet sind. Die Literatur weißt oft darauf hin, dass die Silos mit Mikroorganismen geimpft werden sollten. Darauf haben wir verzichtet. Das Rohmaterial wurde genau wie die anderen Varianten anfangs zu Mieten geformt. Diese wurden zum Homogenisieren drei Mal direkt nacheinander mit dem Kompostwender gemischt. Anschließend wurde das Material in das Silo verladen (siehe Abbildung 3). Das Silo bestand aus Baustahlmatten, welche zu einem Zylinder mit etwa 3m Durchmesser und 2m Höhe geformt wurden. Anschließend wurde dieses Gestell mit Silofolie ausgekleidet. Der Untergrund blieb offen.



Abbildung 3: Mikrobielle Karbonisierung

## 4.2 Material

Die Versuchsmieten sollten, wie bereits erwähnt, alle gleich zusammengesetzt sein. Hierzu standen acht verschiedene Ausgangsstoffe zur Verfügung:

- Kuhmist
- Schweinemist
- Hühnerkot
- Grünguthäcksel
- Gemüseabfälle
- Futterreste (Heu)
- Erde
- Stammkompost (MO-Starter)

Das Ziel war, dass das gemischte Ausgangsmaterial aller Varianten ein C:N-Verhältnis von etwa 30:1 und eine gute Struktur aufweist, welches den allgemeinen Literaturempfehlungen für einen guten

Kompostprozess entspricht. Anhand von C:N-, Wassergehaltsfaustzahlen und Praxiserfahrung wurde versucht diesen Parametern möglichst nah zu kommen. Den Errechnungen und Erwägungen zufolge sollten folgende Anteile (bezogen auf die Trockenmasse) verwendet werden:

- Kuhmist: 50%
- Grünguthäcksel: 15%
- Futterreste (Heu): 10%
- Erde: 10%
- Stammkompost: 5%
- Gemüseabfälle: 4%
- Schweinemist: 4%
- Hühnerkot: 2%

Folgende Frischmasseanteile wurden tatsächlich zusammengesetzt:

**Tabelle 1: Zusammensetzung der Varianten (kg FM)**

<b>Rohstoff</b>	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>	<b>Variante 3</b>	<b>Variante 4</b>
Kuhmist	8642	8591	7357	10019
Gemüseabfall	911	911	827	854
Schweinemist	762	715	638	840
Grünguthäcksel	668	664	592	700
Hühnerkot	458	457	401	501
Erde	446	446	394	420
Stammkompost	381	381	332	420
Futterreste (Heu)	130	141	151	169
<b>Insgesamt</b>	<b>12398</b>	<b>12306</b>	<b>10692</b>	<b>13923</b>

**Tabelle 2: Zusammensetzung der Varianten (% FM)**

<b>Rohstoff</b>	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>	<b>Variante 3</b>	<b>Variante 4</b>
Kuhmist	69,7	69,8	68,8	72
Gemüseabfall	7,3	7,4	7,7	6,1
Schweinemist	6,1	5,8	6	6
Grünguthäcksel	5,4	5,4	5,5	5
Hühnerkot	3,7	3,7	3,8	3,6
Erde	3,6	3,6	3,7	3
Stammkompost	3,1	3,1	3,1	3
Futterreste (Heu)	1	1,1	1,4	1,2
<b>Insgesamt</b>	<b>99,9</b>	<b>99,9</b>	<b>100</b>	<b>99,9</b>

### **4.3 Praktische Vorgehensweise**

Dieses Kapitel ist eine Zusammenfassung der täglich protokollierten Daten und beschreibt den praktischen Ablauf der wesentlichen Schritte. Die Rohdaten sowie darüber hinausgehende Informationen können dem Protokoll im Anhang entnommen werden.

Am 8.4.2013 begannen wir mit der Sammlung der Ausgangsmaterialien. Hierzu wurden die verschiedenen Stoffe als separate Feldrandmieten angelegt, welche mit Siloplanen abgedeckt wurden. Um einheitliche Qualitäten der Rohmaterialien zu gewährleisten wurden alle Sammelmieten mit dem Kompostwender am 30.4.2013 homogenisiert. Am 1.5.2013 startete mit dem Aufsetzen von Variante 1 der eigentliche Versuch. Die Erstellung der Mieten zog sich über drei Tage bis zum 3.5.2013. Die gesamte Masse jeder einzelnen Komponente wurde unmittelbar vor dem Aufsetzen gewogen und protokolliert.



Abbildung 4:  
Abwiegen der  
Rohmaterialien  
mit  
Radladerschaufel  
und  
Dezimalwaage  
(1.5.2013)

Abbildung 5:  
Varianten 1-3 nach  
dem  
Zusammenstellen  
der Varianten  
(2.5.2013)



Abbildung 6:  
Variante 1 nach  
dem ersten  
Wendevorgang  
(3.5.2013)

Die Pflegehäufigkeit der Mieten kann aus dem Wendeprotokoll (Tabelle 3) entnommen werden. Die Wendungen erfolgten mit einem traktorbetriebenen Kompostwender. Variante 4 wurde -zwecks Homogenisierung- zu Beginn ebenfalls als längliche Miete ausgeformt und drei Mal gewendet. Anschließend wurde das Material mit dem Radlader ins Silo (Abbildung 3) gefahren. Dort wurde das Material mit der Mistgabel gleichmäßig verteilt.

**Tabelle 3: Wendeprotokoll (X=eine Wendung)**

Datum	Miete 1	Miete 2	Miete 3	Miete 4
2.5.	X	X		
3.5.			XX	
4.5.	X	X		XXX
5.5.	X			
6.5.	X	X		
7.5.	X	X		
8.5.	X			
9.5.	X			
10.5.	X	X	XX	
11.5.	X			
12.5.	X			
13.5.				
14.5.	X	X		
15.5.	X			
16.5.	X			
17.5.	X	X		
18.5.	X			
19.5.	X			
20.5.	X			
21.5.	X	X		
22.5.				
23.5.	X			
24.5.-26.5.				
27.5.	X			
28.5.-4.6.				
5.6.	X	X	X	
6.-13.6.				
14.6.	X			
15.6.-1.7..				
22.7.	X	X	X	
insg.	23	10	4	1

Zur Pflege der Komposte gehörten neben dem Wenden verschiedene andere Tätigkeiten. Aufgrund der starken dampfförmigen Wasserverluste zu Beginn der Rotte musste der Wassergehalt der Mieten mit Hilfe des Spritzbogens eingestellt werden. Dieser Spritzbogen ist im Kompostwender installiert und spritzt Wasser direkt in den Wendeprozess. Ziel war es, einen Wassergehalt von 50-60% zu erreichen. Desweiteren sollte hierdurch die Hitzeentwicklung gebremst werden. Die verabreichte Menge Wasser konnte an einer Wasseruhr abgelesen werden. Folgende Wassergaben erfolgten:

**Tabelle 4: zusätzliche Wassermengen (Liter) zu Variante 1-3**

Datum	Variante 1	Variante 2	Variante 3
06.05.2013	210	206	
07.05.2013	157	93	
08.05.2013	137		
10.05.2013		98	417
05.06.2013		134	201
25.07.2013	unbekannt	unbekannt	unbekannt



**Abbildung 7: Dampfende Komposte zu Beginn des Versuchs**

Da die Rotteprozesse sehr gut in Gang kamen (Abbildung 7) folgte eine ungewollt hohe Erhitzung der Mieten (Abbildung 17-19). Weil dies laut Literatur zu hohen Substanzverlusten führen kann, haben wir daraufhin versucht diesen Parameter nachträglich mit einer Erdzugabe unter Kontrolle zu bringen:

**Tabelle 5: Erdzugabe (kg TM) zu Variante 1-3 am 9. & 10.5.2013**

Variante 1	Variante 2	Variante 3
956,25	1011,5	807,5

Die abschließenden Analyseproben aller vier Varianten wurden am 29.7.2013 genommen und direkt eingefroren. Der Versand erfolgt in einer Thermobox am nächsten Morgen.

## **5 Ergebnisse**

Die Ergebnisse lassen sich in verschiedene Teilergebnisse gliedern. Zum einen machen die Analysen, die in Kassel im Labor des LHL durchgeführt worden sind, einen wichtigen Teil derer aus. Auf dieser Grundlage und mit Einbeziehung der Einwaage (Tabelle 1) kann der Substanzverlust (bis zu den einzelnen Nährstoffen) bilanziert werden. Ein weiteres wichtiges Teilergebnis stellen die Temperatur- und Kohlenstoffdioxidprotokolle dar, welche die unterschiedlichen Auswirkungen der Kompostpflege darlegen. Auch die zwischendurch durchgeführten Wassergehaltsbestimmungen tragen zum besseren Verständnis des Kompostprozesses bei. Abschließend soll dann noch die eigene (haptische, optische und olfaktorische) Bewertung des Endprodukts mit einbezogen werden.

### **5.1 Laboranalysen 1**

Bei den hier dargestellten Analysen handelt es sich um jene, welche durch das Hessische Landeslabor (LHL) zu Beginn und zum Ende des Versuchs durchgeführt wurden.

#### **5.1.1 Rohkompost**

Die Analyseproben der ersten drei Varianten wurden am 3.5.2013 genommen und gleich im Anschluss ins Labor des LHL nach Kassel gefahren. Die Probe von Variante 4 wurde nach der Entnahme direkt tiefgefroren und kurz darauf in einer Thermobox per Post ebenso ins Labor geschickt. Die Analysen ergaben folgende Ergebnisse:

**Analysenergebnisse**

Parameter	Ergebnisse	Einheiten	Prüfmethoden
Wassergehalt	<b>65,4</b>	% FM	Wassergehalt
Glühverlust	<b>58,6</b>	% TM	Glühverlust
pH-Wert (CaCl <sub>2</sub> )	<b>7,7</b>		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1.4
pH-Wert (H <sub>2</sub> O)	<b>8,2</b>		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1.4
Stickstoff (Gesamt)	<b>1,22</b>	% TM	Stickstoff (Gesamt)
Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	<b>0,81</b>	%	DIN EN ISO 11885
Kaliumoxid (K <sub>2</sub> O)	<b>2,13</b>	%	DIN EN ISO 11885
Magnesiumoxid (MgO)	<b>0,61</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Calciumoxid (CaO)	<b>1,87</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Schwefel (Gesamt)	<b>0,17</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Blei	<b>9,50</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Cadmium	<b>0,21</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (Cr)	<b>188</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Kupfer	<b>23,3</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Nickel (Ni)	<b>110</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Quecksilber (Hg)	<b>0,04</b>	mg/kg TM	DIN EN 12338
Zink (Zn)	<b>110</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Arsen	<b>3,06</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Thallium	<b>0,12</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Bor	<b>19,7</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Kobalt	<b>5,86</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Molybdän	<b>5,45</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Eisen (Fe)	<b>7810</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Mangan (Mn)	<b>363</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Selen (Se)	<b>0,17</b>	mg/kg	DIN 38405-23

i.A. Dr. Schaaf (Prüfleiter)

Dieser Prüfbericht wurde maschinell erstellt und ist gegebenenfalls auch ohne Unterschrift gültig.  
 Der Prüfbericht gilt nur für die untersuchte(n) Probe(n). Er darf auszugsweise nur mit schriftlicher Genehmigung des LHL kopiert werden.

Abbildung 8: Analyseprotokoll Variante 1, Rohkompost

**Analyseergebnisse**

Parameter	Ergebnisse	Einheiten	Prüfmethoden
Wassergehalt	<b>64,7</b>	% FM	Wassergehalt
Glühverlust	<b>52,4</b>	% TM	Glühverlust
pH-Wert (CaCl <sub>2</sub> )	<b>7,6</b>		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1.4
pH-Wert (H <sub>2</sub> O)	<b>8,0</b>		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1.4
Stickstoff (Gesamt)	<b>1,01</b>	% TM	Stickstoff (Gesamt)
Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	<b>0,67</b>	%	DIN EN ISO 11885
Kaliumoxid (K <sub>2</sub> O)	<b>1,60</b>	%	DIN EN ISO 11885
Magnesiumoxid (MgO)	<b>0,57</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Calciumoxid (CaO)	<b>1,59</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Schwefel (Gesamt)	<b>0,14</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Blei	<b>10,6</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Cadmium	<b>0,21</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (Cr)	<b>222</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Kupfer	<b>21,2</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Nickel (Ni)	<b>129</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Quecksilber (Hg)	<b>0,04</b>	mg/kg TM	DIN EN 12338
Zink (Zn)	<b>90,6</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Arsen	<b>4,10</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Thallium	<b>0,15</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Bor	<b>18,6</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Kobalt	<b>6,97</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Molybdän	<b>5,73</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Eisen (Fe)	<b>10100</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Mangan (Mn)	<b>422</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Selen (Se)	<b>0,16</b>	mg/kg	DIN 38405-23

**i.A. Dr. Schaaf (Prüfleiter)**

Dieser Prüfbericht wurde maschinell erstellt und ist gegebenenfalls auch ohne Unterschrift gültig.  
 Der Prüfbericht gilt nur für die untersuchte(n) Probe(n). Er darf auszugsweise nur mit schriftlicher Genehmigung des LHL kopiert werden.

Abbildung 9: Analyseprotokoll Variante 2, Rohkompost

**Analysenergebnisse**

Parameter	Ergebnisse	Einheiten	Prüfmethoden
Wassergehalt	<b>70,9</b>	% FM	Wassergehalt
Glühverlust	<b>50,4</b>	% TM	Glühverlust
pH-Wert (CaCl <sub>2</sub> )	<b>7,6</b>		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1.4
pH-Wert (H <sub>2</sub> O)	<b>8,4</b>		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1.4
Stickstoff (Gesamt)	<b>1,06</b>	% TM	Stickstoff (Gesamt)
Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	<b>0,74</b>	%	DIN EN ISO 11885
Kaliumoxid (K <sub>2</sub> O)	<b>1,88</b>	%	DIN EN ISO 11885
Magnesiumoxid (MgO)	<b>0,63</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Calciumoxid (CaO)	<b>1,76</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Schwefel (Gesamt)	<b>0,15</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Blei	<b>7,72</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Cadmium	<b>0,21</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (Cr)	<b>224</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Kupfer	<b>22,8</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Nickel (Ni)	<b>128</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Quecksilber (Hg)	<b>0,04</b>	mg/kg TM	DIN EN 12338
Zink (Zn)	<b>98,6</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Arsen	<b>3,96</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Thallium	<b>0,14</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Bor	<b>19,2</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Kobalt	<b>8,26</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Molybdän	<b>5,82</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Eisen (Fe)	<b>10200</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Mangan (Mn)	<b>451</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Selen (Se)	<b>0,16</b>	mg/kg	DIN 38405-23

i.A. Dr. Schaaf (Prüfleiter)

Dieser Prüfbericht wurde maschinell erstellt und ist gegebenenfalls auch ohne Unterschrift gültig.  
Der Prüfbericht gilt nur für die untersuchte(n) Probe(n). Er darf auszugsweise nur mit schriftlicher Genehmigung des LHL kopiert werden.

**Analyseergebnisse**

Parameter	Ergebnisse	Einheiten	Prüfmethoden
Arsen	<b>3,80</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Thallium	<b>0,14</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Bor	<b>19,9</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Kobalt	<b>4,50</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Molybdän	<b>1,83</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Eisen (Fe)	<b>8610</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Mangan (Mn)	<b>401</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Selen (Se)	<b>0,19</b>	mg/kg	DIN 38405-23
Wassergehalt	<b>65,3</b>	% FM	Wassergehalt
Glühverlust	<b>52,8</b>	% TM	Glühverlust
Stickstoff (Gesamt)	<b>1,19</b>	% TM	Stickstoff (Gesamt)
Phosphat (P2O5)	<b>0,78</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Kaliumoxid (K2O)	<b>1,99</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Magnesiumoxid (MgO)	<b>0,61</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Calciumoxid (CaO)	<b>1,82</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Schwefel (Gesamt)	<b>0,16</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Cadmium	<b>0,19</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (Cr)	<b>29,9</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Kupfer (Cu)	<b>24,2</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Nickel	<b>19,4</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Quecksilber (Hg)	<b>0,04</b>	mg/kg TM	DIN EN 12338
Zink (Zn)	<b>101</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885

TM = Prüfwerte in Trockenmasse

FM = Prüfwerte in Frischmasse

i.A. Dr. Schaaf (Prüfleiter)

Dieser Prüfbericht wurde maschinell erstellt und ist gegebenenfalls auch ohne Unterschrift gültig.  
 Der Prüfbericht gilt nur für die untersuchte(n) Probe(n). Er darf auszugsweise nur mit schriftlicher Genehmigung des LHL kopiert werden.

Abbildung 11: Analyseprotokoll Variante 4, Rohkompost

Das C:N-Verhältnis der vier Varianten ergibt sich aus dem Glühverlust und dem Stickstoffgehalt (%TM). Der Glühverlust ist der Teil der organischen Bestandteile, der beim „Glühen“ gasförmig flüchtet. Die Asche (Mineralstoffe) bleibt zurück. In dieser Asche befindet sich kein Kohlenstoff mehr, dieser ist gänzlich verbrannt. Im weiteren wird hypothetisch angenommen, dass die verglühte organische Substanz zu 58,1% aus Kohlenstoff besteht. Folglich muss man den Glühverlust durch 1,72 (1/0,581) dividieren um den Kohlenstoffgehalt der Ausgangstrockensubstanz zu erhalten. Folgende Ausgangs-C:N-Verhältnisse ergeben sich:

**Tabelle 6: C:N-Verhältnis der Rohkomposte**

Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
27,9:1	30,2:1	27,6:1	25,8:1

### 5.1.2 Fertigkompost

Die Proben aller Varianten wurden am 29.7.2013 genommen und über Nacht eingefroren. Am Morgen des 30.7.2013 wurden sie in einer Thermobox nach Kassel zum LHL zur Analyse geschickt. Beim Öffnen von Variante 4 war äußerlich eine horizontale Differenzierung zu erkennen (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**), weshalb die Probe von Variante 4 zweigegliedert wurde.

**Analysenergebnisse**

Parameter	Ergebnisse	Einheiten	Prüfmethoden
Arsen	<b>5,63</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Thallium	<b>0,22</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Bor	<b>30,6</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Kobalt	<b>9,09</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Molybdän	<b>0,84</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Eisen (Fe)	<b>15300</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Mangan (Mn)	<b>736</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Selen (Se)	<b>0,32</b>	mg/kg	DIN 38405-23
Natrium	<b>1150</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Wassergehalt	<b>41,0</b>	% FM	Wassergehalt
Glühverlust	<b>21,2</b>	% TM	Glühverlust
Rohdichte (Volumengewicht)	<b>831</b>	g/l FM	Rohdichte(Volumengewicht)
pH-Wert (CaCl <sub>2</sub> )	<b>8,0</b>		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1
pH-Wert (H <sub>2</sub> O)	<b>9,3</b>		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1
Salzgehalt	<b>6,5</b>	g/l FM	Salzgehalt
Stickstoff (Gesamt)	<b>0,94</b>	% TM	Stickstoff (Gesamt)
Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	<b>0,91</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Kaliumoxid (K <sub>2</sub> O)	<b>1,98</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Magnesiumoxid (MgO)	<b>0,74</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Calciumoxid (CaO)	<b>2,35</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Schwefel (Gesamt)	<b>0,17</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Smin	<b>175</b>	mg/kg FM	DIN EN ISO 11885
Stickstoff (CaCl <sub>2</sub> )	<b>49</b>	mg/l FM	Stickstoff (CaCl <sub>2</sub> )
Stickstoff (NH <sub>4</sub> )	<b>28</b>	mg/l FM	Stickstoff (CaCl <sub>2</sub> )
Stickstoff (NO <sub>3</sub> )	<b>21</b>	mg/l FM	Stickstoff (CaCl <sub>2</sub> )
Phosphat (CAL)	<b>2232</b>	mg/l FM	VDLUFA MB Bd 1, A 6.2.1.1
Kalium (CAL)	<b>7789</b>	mg/l FM	VDLUFA MB Bd 1, A 6.2.1.1
Magnesium (CaCl <sub>2</sub> )	<b>167</b>	mg/l FM	VDLUFA MB Bd 1, A 6.2.4.1
Blei (Pb)	<b>21,5</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Cadmium	<b>0,28</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (Cr)	<b>32,8</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Kupfer (Cu)	<b>28,5</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Nickel (Ni)	<b>23,2</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Quecksilber (Hg)	<b>0,06</b>	mg/kg TM	DIN EN 12338
Zink (Zn)	<b>133</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885

TM = Prüfwerte in Trockenmasse

FM = Prüfwerte in Frischmasse

i.A. Dr. Schaaf (Prüfleiter)

Dieser Prüfbericht wurde maschinell erstellt und ist gegebenenfalls auch ohne Unterschrift gültig.  
Der Prüfbericht gilt nur für die untersuchte(n) Probe(n). Er darf auszugsweise nur mit schriftlicher Genehmigung des LHL kopiert werden.

Abbildung 12: Analyseprotokoll Variante 1, Fertigkompost

**Analysenergebnisse**

Parameter	Ergebnisse	Einheiten	Prüfmethoden
Arsen	<b>6,19</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Thallium	<b>0,24</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Bor	<b>29,4</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Kobalt	<b>9,23</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Molybdän	<b>0,68</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Eisen (Fe)	<b>15900</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Mangan (Mn)	<b>770</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Selen (Se)	<b>0,28</b>	mg/kg	DIN 38405-23
Natrium	<b>932</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Wassergehalt	<b>43,3</b>	% FM	Wassergehalt
Glühverlust	<b>19,4</b>	% TM	Glühverlust
Rohdichte (Volumengewicht)	<b>873</b>	g/l FM	Rohdichte(Volumengewicht)
pH-Wert (CaCl <sub>2</sub> )	<b>7,7</b>		VDLUF MB Bd 1, A 5.1.1
pH-Wert (H <sub>2</sub> O)	<b>8,8</b>		VDLUF MB Bd 1, A 5.1.1
Salzgehalt	<b>5,2</b>	g/l FM	Salzgehalt
Stickstoff (Gesamt)	<b>0,85</b>	% TM	Stickstoff (Gesamt)
Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	<b>0,76</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Kaliumoxid (K <sub>2</sub> O)	<b>1,55</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Magnesiumoxid (MgO)	<b>0,66</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Calciumoxid (CaO)	<b>2,10</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Schwefel (Gesamt)	<b>0,15</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Smin	<b>111</b>	mg/kg FM	DIN EN ISO 11885
Stickstoff (CaCl <sub>2</sub> )	<b>98</b>	mg/l FM	Stickstoff (CaCl <sub>2</sub> )
Stickstoff (NH <sub>4</sub> )	<b>23</b>	mg/l FM	Stickstoff (CaCl <sub>2</sub> )
Stickstoff (NO <sub>3</sub> )	<b>75</b>	mg/l FM	Stickstoff (CaCl <sub>2</sub> )
Phosphat (CAL)	<b>1942</b>	mg/l FM	VDLUF MB Bd 1, A 6.2.1.1
Kalium (CAL)	<b>6163</b>	mg/l FM	VDLUF MB Bd 1, A 6.2.1.1
Magnesium (CaCl <sub>2</sub> )	<b>209</b>	mg/l FM	VDLUF MB Bd 1, A 6.2.4.1
Blei (Pb)	<b>19,7</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Cadmium	<b>0,26</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (Cr)	<b>32,7</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Kupfer (Cu)	<b>26,3</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Nickel (Ni)	<b>24,3</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Quecksilber (Hg)	<b>0,06</b>	mg/kg TM	DIN EN 12338
Zink (Zn)	<b>121</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885

TM = Prüfwerte in Trockenmasse

FM = Prüfwerte in Frischmasse

i.A. Dr. Schaaf (Prüfleiter)

Dieser Prüfbericht wurde maschinell erstellt und ist gegebenenfalls auch ohne Unterschrift gültig.  
Der Prüfbericht gilt nur für die untersuchte(n) Probe(n). Er darf auszugsweise nur mit schriftlicher Genehmigung des LHL kopiert werden.

Abbildung 13: Analyseprotokoll Variante 2, Fertigkompost

**Analyseergebnisse**

Parameter	Ergebnisse	Einheiten	Prüfmethoden
Arsen	5,42	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Thallium	0,23	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Bor	29,0	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Kobalt	8,81	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Molybdän	0,80	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Eisen (Fe)	15100	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Mangan (Mn)	738	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Selen (Se)	0,30	mg/kg	DIN 38405-23
Natrium	1040	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Wassergehalt	39,1	% FM	Wassergehalt
Glühverlust	20,9	% TM	Glühverlust
Rohdichte (Volumengewicht)	814	g/l FM	Rohdichte(Volumengewicht)
pH-Wert (CaCl2)	7,7		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1
pH-Wert (H2O)	8,9		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1
Salzgehalt	6,5	g/l FM	Salzgehalt
Stickstoff (Gesamt)	0,93	% TM	Stickstoff (Gesamt)
Phosphat (P2O5)	0,80	% TM	DIN EN ISO 11885
Kaliumoxid (K2O)	1,77	% TM	DIN EN ISO 11885
Magnesiumoxid (MgO)	0,69	% TM	DIN EN ISO 11885
Calciumoxid (CaO)	2,27	% TM	DIN EN ISO 11885
Schwefel (Gesamt)	0,15	% TM	DIN EN ISO 11885
Smin	185	mg/kg FM	DIN EN ISO 11885
Stickstoff (CaCl2)	160	mg/l FM	Stickstoff (CaCl2)
Stickstoff (NH4)	35	mg/l FM	Stickstoff (CaCl2)
Stickstoff (NO3)	125	mg/l FM	Stickstoff (CaCl2)
Phosphat (CAL)	2421	mg/l FM	VDLUFA MB Bd 1, A 6.2.1.1
Kalium (CAL)	7458	mg/l FM	VDLUFA MB Bd 1, A 6.2.1.1
Magnesium (CaCl2)	201	mg/l FM	VDLUFA MB Bd 1, A 6.2.4.1
Blei (Pb)	22,9	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Cadmium	0,24	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (Cr)	31,4	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Kupfer (Cu)	25,7	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Nickel (Ni)	22,7	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Quecksilber (Hg)	0,05	mg/kg TM	DIN EN 12338
Zink (Zn)	123	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885

TM = Prüfwerte in Trockenmasse

FM = Prüfwerte in Frischmasse

i.A. Dr. Schaaf (Prüfleiter)

Dieser Prüfbericht wurde maschinell erstellt und ist gegebenenfalls auch ohne Unterschrift gültig.  
 Der Prüfbericht gilt nur für die untersuchte(n) Probe(n). Er darf auszugswise nur mit schriftlicher Genehmigung des LHL kopiert werden.

Abbildung 14: Analyseprotokoll Variante 3, Fertigkompost

**Analyseergebnisse**

Parameter	Ergebnisse	Einheiten	Prüfmethoden
Arsen	5,01	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Thallium	0,18	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Bor	28,6	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Kobalt	7,26	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Molybdän	1,10	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Eisen (Fe)	12500	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Mangan (Mn)	514	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Selen (Se)	0,26	mg/kg	DIN 38405-23
Natrium	1060	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Wassergehalt	42,1	% FM	Wassergehalt
Glühverlust	38,6	% TM	Glühverlust
Rohdichte (Volumengewicht)	509	g/l FM	Rohdichte(Volumengewicht)
pH-Wert: (CaCl2)	8,2		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1
pH-Wert: (H2O)	8,9		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1
Salzgehalt	4,2	g/l FM	Salzgehalt
Stickstoff (Gesamt)	1,20	% TM	Stickstoff (Gesamt)
Phosphat (P2O5)	0,78	% TM	DIN EN ISO 11885
Kaliumoxid (K2O)	1,82	% TM	DIN EN ISO 11885
Magnesiumoxid (MgO)	0,67	% TM	DIN EN ISO 11885
Calciumoxid (CaO)	2,29	% TM	DIN EN ISO 11885
Schwefel (Gesamt)	0,17	% TM	DIN EN ISO 11885
Smin	78,3	mg/kg FM	DIN EN ISO 11885
Stickstoff (CaCl2)	101	mg/l FM	Stickstoff (CaCl2)
Stickstoff (NH4)	92	mg/l FM	Stickstoff (CaCl2)
Stickstoff (NO3)	9	mg/l FM	Stickstoff (CaCl2)
Phosphat (CAL)	1334	mg/l FM	VDLUFA MB Bd 1, A 6.2.1.1
Kalium (CAL)	4704	mg/l FM	VDLUFA MB Bd 1, A 6.2.1.1
Magnesium (CaCl2)	157	mg/l FM	VDLUFA MB Bd 1, A 6.2.4.1
Blei (Pb)	15,7	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Cadmium	0,21	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (Cr)	29,7	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Kupfer (Cu)	25,9	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Nickel (Ni)	22,4	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Quecksilber (Hg)	0,05	mg/kg TM	DIN EN 12338
Zink (Zr)	112	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885

TM = Prüfwerte in Trockenmasse

FM = Prüfwerte in Frischmasse

i.A. Dr. Schaaf (Prüfleiter)

Dieser Prüfbericht wurde maschinell erstellt und ist gegebenenfalls auch ohne Unterschrift gültig.  
 Der Prüfbericht gilt nur für die untersuchte(n) Probe(n). Er darf auszugsweise nur mit schriftlicher Genehmigung des LHL kopiert werden.

Abbildung 15: Analyseprotokoll Variante 4-obere Hälfte, Fertigkompost

**Analysenergebnisse**

Parameter	Ergebnisse	Einheiten	Prüfmethoden
Arsen	<b>4,60</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Thallium	<b>0,19</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Bor	<b>26,4</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Kobalt	<b>6,30</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Molybdan	<b>1,11</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Eisen (Fe)	<b>11700</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Mangan (Mn)	<b>525</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Selen (Se)	<b>0,28</b>	mg/kg	DIN 38405-23
Natrium	<b>955</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Wassergehalt	<b>63,6</b>	% FM	Wassergehalt
Glühverlust	<b>38,1</b>	% TM	Glühverlust
Rohdichte (Volumengewicht)	<b>900</b>	g/l FM	Rohdichte(Volumengewicht)
pH-Wert: (CaCl <sub>2</sub> )	<b>8,2</b>		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1
pH-Wert: (H <sub>2</sub> O)	<b>8,7</b>		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1
Salzgehalt	<b>8,1</b>	g/l FM	Salzgehalt
Stickstoff (Gesamt)	<b>1,05</b>	% TM	Stickstoff (Gesamt)
Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	<b>0,79</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Kaliumoxid (K <sub>2</sub> O)	<b>1,76</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Magnesiumoxid (MgO)	<b>0,62</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Calciumoxid (CaO)	<b>2,18</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Schwefel (Gesamt)	<b>0,15</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Smin	<b>31,6</b>	mg/kg FM	DIN EN ISO 11885
Stickstoff (CaCl <sub>2</sub> )	<b>647</b>	mg/l FM	Stickstoff (CaCl <sub>2</sub> )
Stickstoff (NH <sub>4</sub> )	<b>646</b>	mg/l FM	Stickstoff (CaCl <sub>2</sub> )
Stickstoff (NO <sub>3</sub> )	<b>1</b>	mg/l FM	Stickstoff (CaCl <sub>2</sub> )
Phosphat (CAL)	<b>1724</b>	mg/l FM	VDLUFA MB Bd 1, A 6.2.1.1
Kalium (CAL)	<b>5270</b>	mg/l FM	VDLUFA MB Bd 1, A 6.2.1.1
Magnesium (CaCl <sub>2</sub> )	<b>290</b>	mg/l FM	VDLUFA MB Bd 1, A 6.2.4.1
Blei (Pb)	<b>13,2</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Cadmium	<b>0,22</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (Cr)	<b>30,2</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Kupfer (Cu)	<b>24,8</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Nickel (Ni)	<b>18,2</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885
Quecksilber (Hg)	<b>0,05</b>	mg/kg TM	DIN EN 12338
Zink (Zn)	<b>109</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 11885

TM = Prüfwerte in Trockenmasse

FM = Prüfwerte in Frischmasse

i.A. Dr. Schaaf (Prüfleiter)

Dieser Prüfbericht wurde maschinell erstellt und ist gegebenenfalls auch ohne Unterschrift gültig.  
Der Prüfbericht gilt nur für die untersuchte(n) Probe(n). Er darf auszugsweise nur mit schriftlicher Genehmigung des LHL kopiert werden.

Abbildung 16: Analyseprotokoll Variante 4-untere Hälfte, Fertigkompost

Folgende C:N-Verhältnisse sind errechenbar:

**Tabelle 7: C:N-Verhältnis der Fertigkomposte (Variante 4  $\hat{=}$  Mittelwert aus oberen und unteren Analyseergebnis)**

Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
13,1:1	13,3:1	13,1:1	19,8:1

Parallel zum abschließenden Wiegen der Komposte (30. & 31.7.2013) wurde von jeder Variante eine weitere Probe genommen. Dazu wurde von jeder gewogenen Schaufel eine Hand Kompost gesammelt. Dies gewährleistet eine sehr gute Repräsentierbarkeit, da sich die Proben somit aus 14-24 Einzelnen zusammenfügten (Variante 1: 15, Variante 2: 17, Variante 3: 14, Variante 4: 24 Einzelproben). Diese Mischproben dienten der eigenen Wassergehaltsbestimmung vor Ort:

**Tabelle 8: Wassergehalt am 31.7.2013 (%) (ermittelt am Dottenfelderhof)**

Datum	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
31.07.2013	44,3	45,8	39,5	59,5

## 5.2 Bilanzierung des substantiellen Verlustes

Die Bilanzierung erfolgt auf Grundlage der Laboranalysen der Roh- sowie Fertigkomposte des LHL (siehe Kapitel 5.1), der Einwaage (siehe Kapitel 4.2) und der Auswaage (siehe Kapitel 5.2) sowie der eigenen Wassergehaltsmessung am 31.7.2013. Die Bilanzierung bezieht sich nicht auf die Laboranalysen von Herr Hildebrandt (Kapitel 0). Aus diesen Rohdaten lassen sich die Trockenmassenströme errechnen, welche die Grundlage jeglicher Stoffbilanzierung darstellen. Der mineralische Erdanteil in den Komposten muss bei diesem Schritt ebenfalls berücksichtigt werden, da dieser nicht „verbrannt“ wurde. Der substantielle Verlust darf also nur auf den organischen Anteil bezogen werden. Folgende Tabellen sind zusätzlich zu den Laboranalysen von Bedeutung:

**Tabelle 9: Frischmasse-Einwaage der vier Varianten zu Versuchsbeginn (kg)**

Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
12398	12306	10692	13923

**Tabelle 10: Wassergehalt der Rohkomposte nach den Analysen durch das LHL (%)**

Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
65,4	64,7	70,9	65,3

Anhand des Wassergehalts, welcher in den Laboranalysen ermittelt wurde konnte folgende Trockenmasse errechnet werden:

**Tabelle 11: Trockenmasse-Einwaage der vier Varianten zu Versuchsbeginn (kg) (kg FM\*(% TM/100%))**

Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
4290	4344	3111	4831

Der nachträglich hinzugefügten Erde muss ebenfalls berücksichtigt werden

**Tabelle 12: Trockenmasse-Einwaage der vier Varianten mit nachträglich hinzugefügter Erde (kg)**

Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
5246	5356	3919	4831

Am 30. und am 31. 7.2013 wurde der Versuch aufgelöst. Auch dabei wurden die kompletten Massen der Varianten gewogen. Folgende Frischmasse war noch vorhanden:

**Tabelle 13: Frischmasse-Auswaage der vier Varianten (30. & 31.7.2013) (kg)**

Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
7665	8439	6633	10989

Da der Wassergehalt der Fertigkomposte zusätzlich zu der professionellen Analyse in Kassel auch noch vor Ort bestimmt wurde, liegen zwei Werte je Variante vor. Aufgrund der hohen Repräsentierbarkeit (in Kapitel 5.1.2 beschrieben) der eigenen Wassergehaltsbestimmung wurden diese nicht außen vor gelassen. Der folgende Feuchtigkeitsgehalt ist ein Mittelwert beider Analysen:

**Tabelle 14: Mittlere Wassergehalte der Fertigkomposte (%) (Mittelwert)**

Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
42,3	44,5	39,7	56,1

Anhand dieser Werte konnte die verbliebene Trockenmasse errechnet werden:

**Tabelle 15: Trockenmasse-Auswaage der Fertigkompost (kg)**

Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
4423	4684	4000	4824

### **Achtung:**

Aufgrund der –bereits erwähnten- wichtigen Bedeutung der Trockenmasseverhältnisse, müssen die bis hier dargestellten Werte (meiner Einschätzung nach) an zwei Stellen korrigiert werden. Für einen solchen Einwand ist normalerweise Platz im Diskussionsteil. Einerseits zwecks Arbeits- und „Verwirrungs-“, Ersparnis und andererseits aufgrund der absoluten Überzeugung, dass diese Korrekturen nicht zum Schönen des Ergebnisses dienen sondern im Sinne der Wirklichkeit wertvoll sind, sollen diese hier angeführt, erläutert und miteinbezogen werden:

1. Der Wassergehalt des Rohkomposts-Variante 3 ist mit 70,9% überdurchschnittlich hoch, während der Feuchtigkeitsgehalt der anderen Variante ganz nah um 65% (64,7%; 65,3% & 65,4%) schwankt. Dies ist insofern von großer Relevanz, da bei der Annahme, dass dieser Wert richtig sei, die Trockenmasse-Einwaage niedriger wäre als die Trockenmasse-Auswaage. Diesen Fall kann man in den oben dargestellten Tabellen entnehmen (siehe Tabelle 12 & 15). Das hieße, dass bei dieser Art der Kompostierung organische Substanz gebunden anstatt verloren wurde. Das kann nach aktuellem Wissensstand nicht möglich sein. Weiterhin begründet sich die Fehlerhaftigkeit dieses Wertes wie folgt:

Die Ursache für den erhöhten Wassergehalt kann nicht in der Zusammensetzung der Rohkomposte (Tabelle 1 & Tabelle 2) gefunden werden. Folglich müsste die Ursache darin liegen, dass die verwendeten einzelnen Komponenten bei dieser Variante feuchter als bei den anderen Varianten gewesen sein müssen und dadurch den Wassergehalt beeinflusst haben müssen. Diese Möglichkeit kann bei sieben (Schweinemist, Hühnerkot, Grünguthäcksel, Gemüseabfälle, Futterreste, Erde, Stammkompost) der acht Komponenten ausgeschlossen werden. Dieser Ausschluss begründet sich dadurch, dass die einzelnen Anteile dieser Rohmaterialien einerseits zu gering waren um den Feuchtigkeitsgehalt maßgeblich zu beeinflussen und andererseits aufgrund der geringen Ausgangsmengen die Homogenität nach dem Wenden am 29.4.2013 definitiv gegeben war. Weiterhin waren die Wassergehalte dieser Komponenten so niedrig (Ausnahme Schweinemist), dass eine gewisse Ungleichmäßigkeit innerhalb der Komponenten kaum einen Effekt auf den absoluten Wassergehalt der gesamten Variante gehabt hätte. Die Ursachensuche müsste also weiterhin

eingengt werden auf den Kuhmist. Unter der Annahme, dass im Kuhmist die Ursache für den erhöhten Wassergehalt liegt, müsste man davon ausgehen, dass der verwendete Kuhmist bei Variante 3 wesentlich feuchter gewesen sein muss als bei den anderen Varianten. Für eine Erhöhung des Wassergehalts der Gesamtmiete von 65,1% (Ø Variante 1,2,4) auf 70,9% müsste der Feuchtigkeitsgehalt des verwendeten Kuhmistes anstatt 79,9% (siehe Anhang, Abbildung 34), 88,5% betragen. Dies entspräche den 631 kg Trockenmasse, welche Variante 3 mit einem Wassergehalt von 70,9% leichter wäre als bei 65,1% Feuchtigkeitsgehalt. Auch dies kann aufgrund der intensiven Homogenisierungsarbeit der Ausgangskomponenten mit Radlader und Kompostwender ausgeschlossen werden. (Mit dem Radlader wurden sogar sehr aufwendig vor dem Wenden die älteren Mistpartien mit den jüngeren gemischt.)

Aufgrund der angeführten Tatsachen wird im Weiteren mit Werten gerechnet, welche sich auf einen Feuchtigkeitsgehalt von 65,1% (Ø Variante 1,2,4) bei Variante 3 (Rohkompost) beziehen. Dies geschieht unter der Annahme, dass bei der Bestimmung des Wasseranteils ein Fehler unterlaufen ist. Dies kann bei der Probenahme, als auch im Labor geschehen sein.

2. Der Wassergehalt von Variante 4 (Fertigkompost) wurde wie bereits erwähnt ebenfalls zum einen durch das LHL und zum anderen vor Ort bestimmt. Die Proben für das LHL wurden vom äußeren Bereich des Silos entnommen. Da dort im Laufe der Versuchszeit in der oberen Hälfte ein Spalt zwischen der Silowand und dem Kompostgut entstanden war, trocknete dieses dort aus. Bei der Probenahme nahm ich an, dass dies repräsentativ für die ganze Variante im oberen Bereich sei. Dies stellte sich allerdings bei der Wiegung als Fehler heraus. Im Inneren war der obere Bereich kaum ausgetrocknet. Der Wassergehalt war wesentlich höher als in der LHL-Probe. Aufgrund dessen soll im weiteren der Wert der eigenen Trockensubstanzbestimmung angenommen werden.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass der Wassergehalt des Rohkompost-Variante 3 von 70,9% auf 65,1% (Ø Variante 1,2,4) und der Wassergehalt des Fertigkompost-Variante 4 von 56,7% auf 59,5% zugunsten eines repräsentativen Ergebnisses, aus den oben angeführten Gründen, modifiziert wurde. Folgende korrigierte Daten fließen in die **komplette folgende** Bilanz mit ein (Die rot markierten Werte sind von der Korrektur betroffen):

**Tabelle 16: Substanzverhältnis Kompostversuch 2013 Dottenfelderhof (TM Rohkompost ohne nachträglich zugefügte Erde):**

	Parameter	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
	Frischmasse (kg)	12398	12306	10692	13923
<b>Rohkompost</b>	Wassergehalt (%)	65,4	64,7	<b>65,1</b>	65,3
	Trockenmasse (kg)	4290	4344	<b>3732</b>	4831
	Frischmasse (kg)	7665	8439	6633	10989
<b>Fertigkompost</b>	Wassergehalt (%)	42,3	44,5	39,7	<b>59,5</b>
	Trockenmasse (kg)	4400	4684	4179	<b>4451</b>

Tabelle 17: Substanzverhältnis Kompostversuch 2013 Dottenfelderhof (TM Rohkompost mit nachträglich zugefügter Erde, siehe Tabelle 5)

	Parameter	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
<b>Rohkompost</b>	Frischmasse (kg)	12398	12306	10692	13923
	Wassergehalt (%)	65,4	64,7	<b>65,1</b>	65,3
	Trockenmasse (kg)	5245	5356	<b>4539</b>	4831
<b>Fertigkompost</b>	Frischmasse (kg)	7665	8439	6633	10989
	Wassergehalt (%)	42,3	44,5	39,7	<b>59,5</b>
	Trockenmasse (kg)	4400	4684	4179	<b>4451</b>

Wie oben bereits erwähnt muss der substantielle Verlust auf den organischen Anteil bezogen werden. Die Trockenmasse der Rohkomposte muss also um den mineralischen Anteil bereinigt werden. Bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 85% der zugefügten Erde hatte die organische Trockensubstanz die folgende Masse:

Tabelle 18: Rohkompostzusammensetzung (kg TM)

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
<b>Rohkompost absolut</b>	5245	5356	4539	4831
<b>organischer Anteil</b>	<b>3910</b>	<b>3965</b>	<b>3396</b>	<b>4474</b>
<b>mineralischer Anteil</b>	1335	1391	1143	357

Daraus lässt sich weiterhin die Fertigkompostzusammensetzung erschließen:

Tabelle 19: Fertigkompostzusammensetzung (kg TM)

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
<b>Fertigkompost absolut</b>	4400	4684	4179	4451
<b>organischer Anteil</b>	<b>3065</b>	<b>3293</b>	<b>3036</b>	<b>4094</b>
<b>mineralischer Anteil</b>	1335	1391	1143	357

### 5.2.1 Trockensubstanzbilanz

Die bisherigen Anstellungen lassen folgende Trockensubstanzbilanz aufstellen:

Tabelle 20: Trockensubstanzbilanz (%)

		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
<b>Erhaltung</b>	<b>bzgl. Gesamtmasse</b>	83,9	87,5	92,1	92,1
	<b>bzgl. org. Masse</b>	<b>78,4</b>	<b>83,1</b>	<b>89,4</b>	<b>91,5</b>
<b>Verlust</b>	<b>bzgl. Gesamtmasse</b>	16,1	12,5	7,9	7,9
	<b>bzgl. org. Masse</b>	<b>21,6</b>	<b>16,9</b>	<b>10,6</b>	<b>8,5</b>

### 5.2.2 C-Bilanz

Die Kohlenstoffbilanz gründet auf dem Glühverlust der Analyseproben. Dies wurde bereits in Kapitel 5.1.1 erklärt. Um die Kohlenstoffmasse zu ermitteln muss der relative Kohlenstoffanteil in diesem Fall auf die gesamte Trockenmasse bezogen werden. Beim Rohkompost darf zu dieser noch nicht die Erdtrockenmasse gezählt werden, welche nachträglich zum Zwecke der Temperatursenkung zugefügt wurde. Es muss sich also an Tabelle 16 orientiert werden. Der Kohlenstoffgehalt der nachträglich zugefügten Mineralerde ist so gering, dass diese Maßnahme bezüglich der C-Bilanz vernachlässigt werden kann.

Tabelle 21: Glühverlust und Kohlenstoffgehalt Rohkompost

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Glühverlust (% TM)	58,6	52,4	50,4	52,8
rel. C-Anteil (% TM)	34,1	30,5	29,3	30,7
Rohkompost-TM (kg)	4290	4344	3732	4831
Kohlenstoff-kg	1463	1325	1093	1483

Tabelle 22: Glühverlust und Kohlenstoffgehalt Fertigkompost

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Glühverlust (% TM)	21,2	19,4	20,9	38,4
rel. C-Anteil (% TM)	12,3	11,3	12,2	22,3
Fertigkompost-TM (kg)	4400	4684	4179	4451
Kohlenstoff-kg	541	529	510	993

Tabelle 23: Kohlenstoff-Bilanzierung

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
C-Rohkompost (kg)	1463	1325	1093	1483
C-Fertigkompost (kg)	541	529	510	993
Verlust (%)	63,0	60,0	53,3	33,0
Erhalt (%)	37,0	40,0	46,7	67,0

### 5.2.3 N-Bilanz

Aufgrund des sehr geringen N-Gehalt in der Mineralerde nahm die nachträgliche Erdzugabe keinen Einfluss auf die N-Bilanz. Auch hier muss der N-Gehalt des Rohkompost auf die Trockenmasse dessen bezogen werden (ohne nachträglich hinzugefügter Erde).

**Tabelle 24: Stickstoffgehalt Rohkompost**

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Rohkompost-TM (kg)	4290	4344	3732	4831
rel. N-Anteil (%TM)	1,22	1,01	1,06	1,19
Stickstoff-kg	52,3	43,9	39,6	57,5

**Tabelle 25: Stickstoffgehalt Fertigkompost**

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Fertigkompost-TM (kg)	4400	4684	4179	4451
rel. N-Anteil (%TM)	0,94	0,85	0,94	1,125
Stickstoff-kg	41,4	39,8	39,2	50,1

**Tabelle 26: Stickstoff-Bilanzierung**

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
N-Rohkompost (kg)	52,3	43,9	39,6	57,5
N-Fertigkompost (kg)	41,4	39,8	39,2	50,1
Verlust (%)	20,8	9,3	1,0	12,9
Erhalt (%)	79,2	90,7	99,0	87,1

### 5.2.4 C:N-Verhältnis

**Tabelle 27: C:N-Verhältnis Rohkomposte**

Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
<b>27,9:1</b>	<b>30,2:1</b>	<b>27,6:1</b>	<b>25,8:1</b>

**Tabelle 28: C:N-Verhältnis Fertigkomposte**

Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
<b>13,1:1</b>	<b>13,3:1</b>	<b>13,1:1</b>	<b>19,8:1</b>

### 5.3 Temperaturdynamik

Die Temperatur entwickelte sich innerhalb der Kompostmieten räumlich unterschiedlich. Dies war insbesondere zu Beginn der Kompostierung zu beobachten, zu dieser Zeit kam der sog. Kamineffekt wohl am stärksten zur Entfaltung. Dieses Phänomen konnte an den intensiv dampfenden Mietenspitzen beobachtet werden (siehe Abbildung 7). Infolge dieser Dampfbewegung wurde auch die Wärme dorthin geleitet. Dadurch war die Mietenspitze zu Beginn der Kompostierung stets wesentlich wärmer als der Rest des Kompostes. Außerdem war die Feuchtigkeit an diesem Ort erhöht. Am Mietengrund war die Temperatur im Gegenzug unterdurchschnittlich kühl. Die fast täglichen Messungen wurden wie oben beschrieben im Mietenzentrum durchgeführt. Es zeichneten sich folgende Temperaturkurven der unterschiedlichen Varianten:

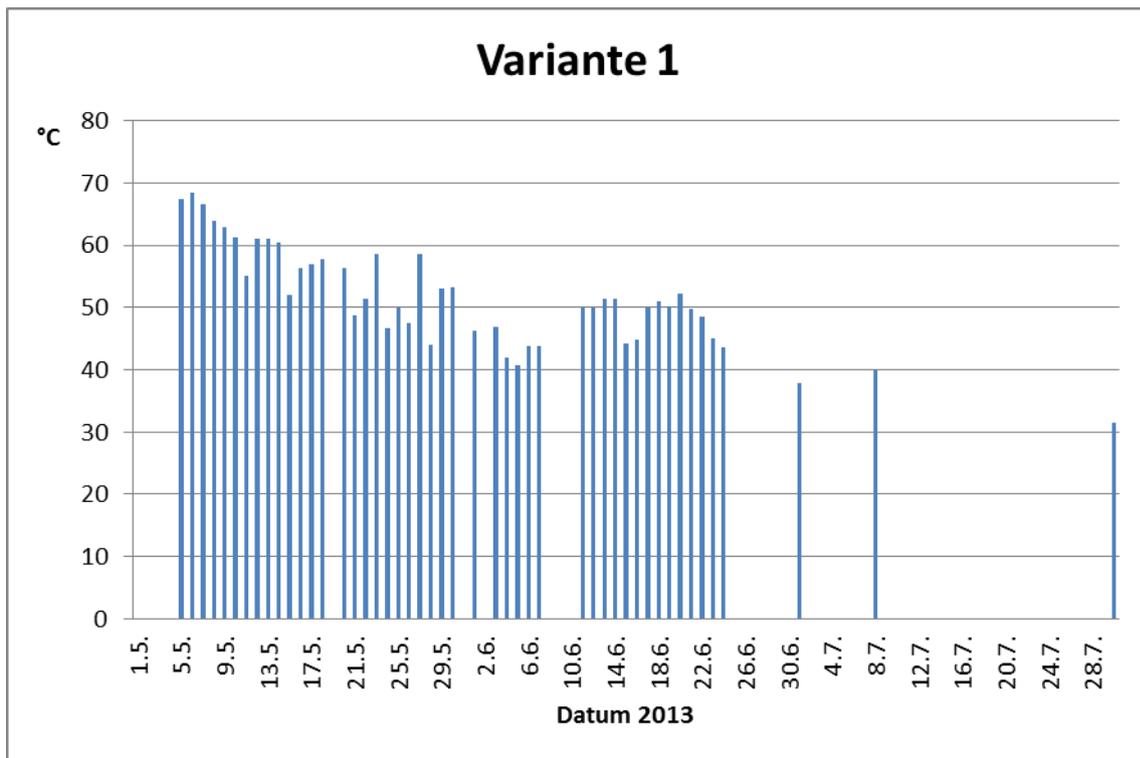


Abbildung 17: Temperaturentwicklung Variante 1 (Temperatursumme: 2474)

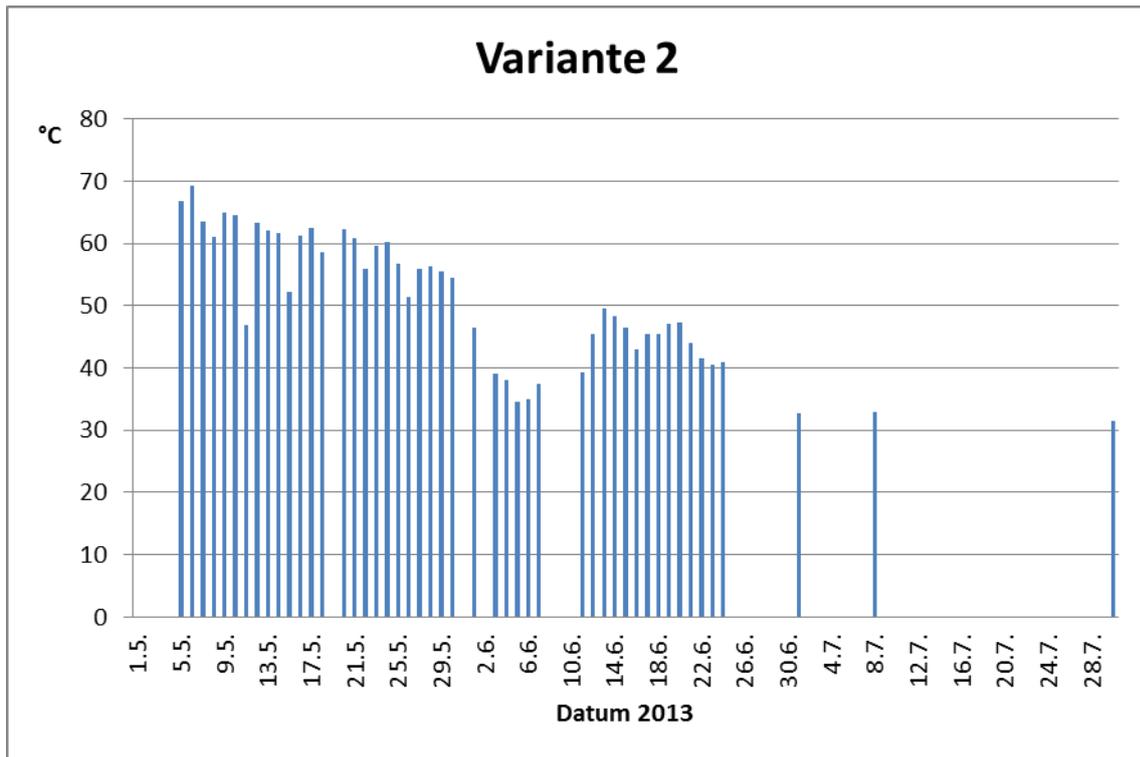


Abbildung 18: Temperaturentwicklung Variante 2 (Temperatursumme: 2440)

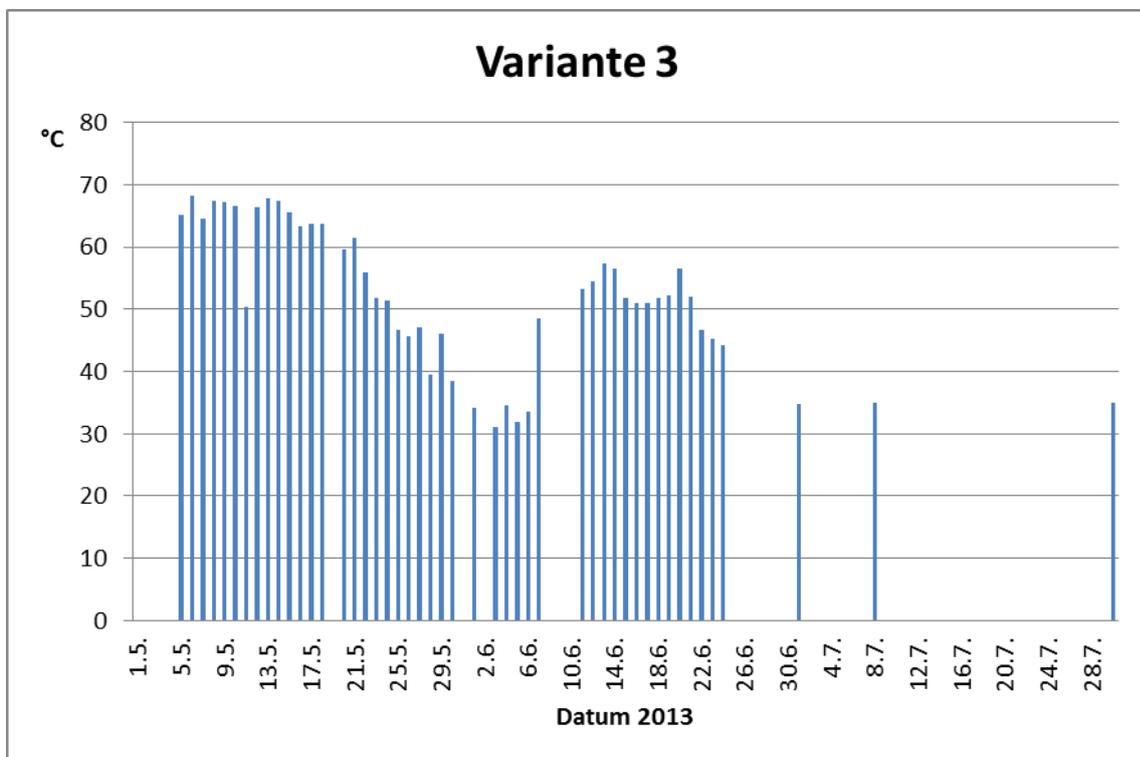


Abbildung 19: Temperaturentwicklung Variante 3 (Temperatursumme: 2493)

Die Messungen bei Variante 4 erfolgten nicht so regelmäßig wie bei den anderen Varianten. Weiterhin waren die Messungen nicht im kompletten Silo möglich, da das Thermometer „nur“ 60cm lang, das Silo aber ca. 1,6m hoch war.

**Tabelle 29: Temperaturmessungen von Variante 4 in unterschiedlichen Tiefen (°C)**

<b>Datum</b>	<b>ca. 60 cm</b>	<b>ca. 30 cm</b>	<b>5-10 cm</b>
05.05.2013	31,4	31,9	
06.05.2013	33,1	35,0	
07.05.2013	33,1	37,3	
11.05.2013		34,5	
12.05.2013		37,8	
13.05.2013		43,3	
15.05.2013	37,5	42,9	
16.05.2013	37,2	42,7	
18.05.2013	36,8	43,5	
27.05.2013	36,2	40,0	
01.06.2013	37,0	32,0	
06.06.2013	29,5	33,3	
11.06.2013	32,0	36,8	42,8
20.06.2013	33,3	41,3	47,0
01.07.2013	32,8	38,8	39,5
08.07.2013	30,8	38,8	39,8
30.07.2013	31,5	31,5	35

## 5.4 CO<sub>2</sub>-Dynamik

Die CO<sub>2</sub>-Kurve ist ebenfalls durch fast tägliche Messung entstanden. Die Messstelle lag aus oben genannten Gründen etwa ca. 20-25 cm über dem befestigten Untergrund.

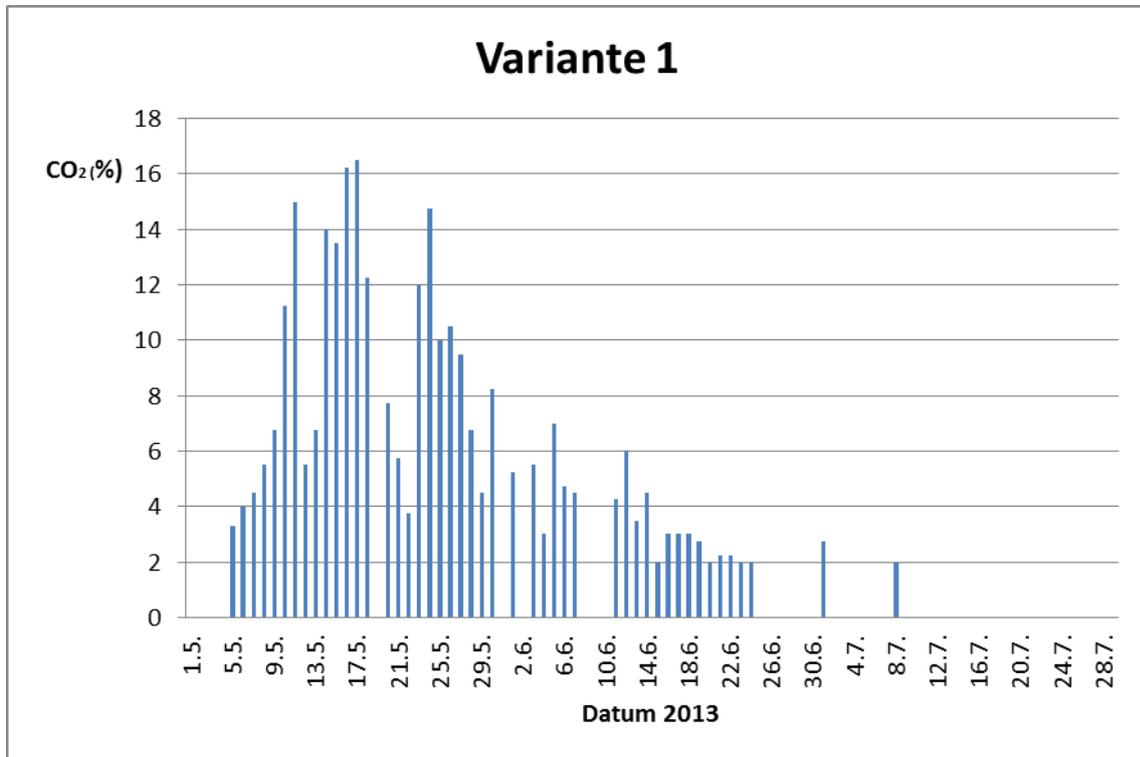


Abbildung 20: CO<sub>2</sub>-Entwicklung Variante 1 (CO<sub>2</sub>-Summe: 306)

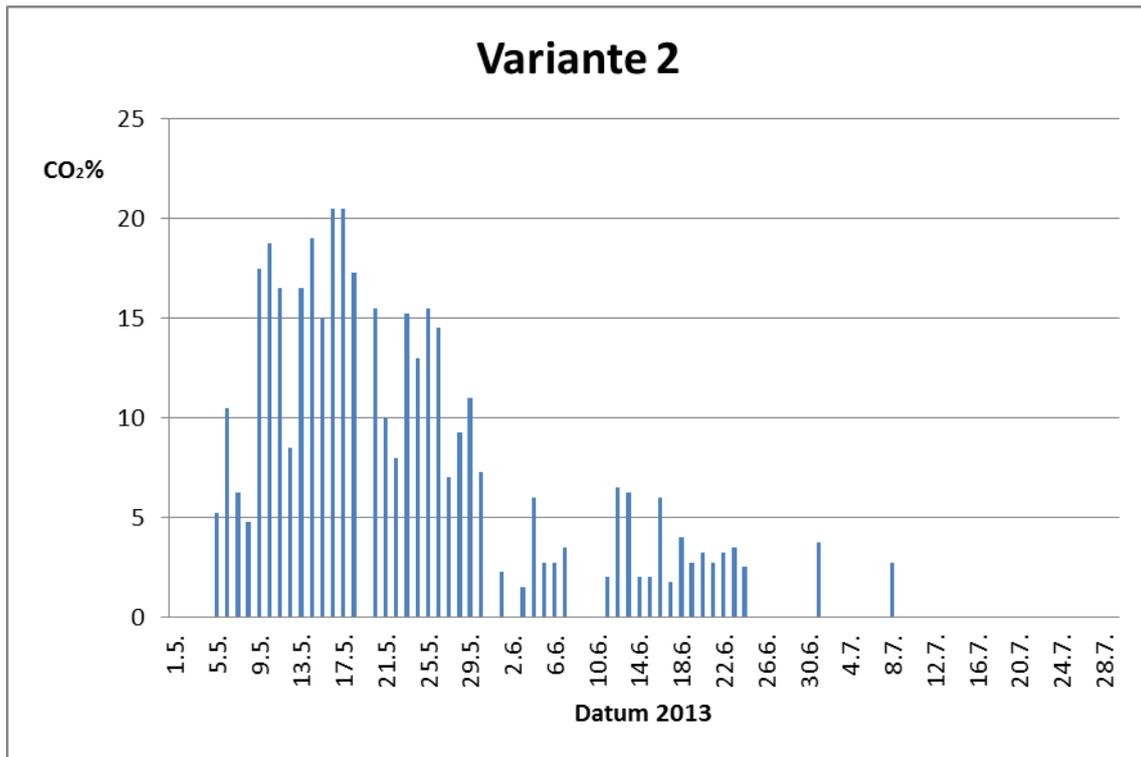


Abbildung 21: CO<sub>2</sub>-Entwicklung Variante 2 (CO<sub>2</sub>-Summe: 397)

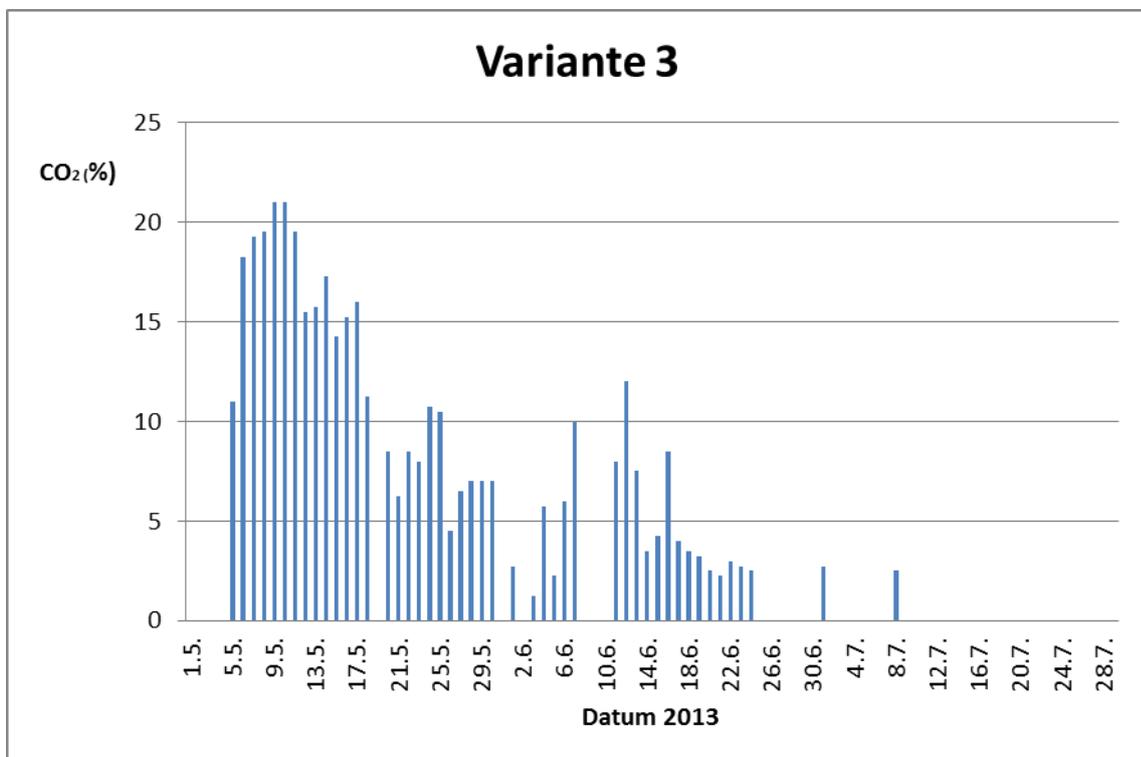


Abbildung 22: CO<sub>2</sub>-Entwicklung Variante 3 (CO<sub>2</sub>-Summe: 420)

Die Messungen erfolgten bei Variante 4 nicht so regelmäßig wie bei den anderen Varianten. Der Messbereich erstreckte sich genau wie bei der Temperaturmessung bis in eine Tiefe von 60cm.

**Tabelle 30: CO<sub>2</sub>-Gehalt von Variante 4 in unterschiedlichen Tiefen (%)**

Datum	ca. 60 cm	ca. 30 cm	5-10 cm
06.05.2013	>20	>20	
07.05.2013	>20	>20	
11.05.2013	>20		
12.05.2013	>20		
13.05.2013	>20		
15.05.2013	>20		
18.05.2013	>20		
27.05.2013	>20	>20	
01.06.2013	>20		
06.06.2013	>20		
11.06.2013	>20	>20	
14.06.2013	>20		
20.06.2013	>20	>20	>20
01.07.2013	>20	>20	8
08.07.2013	>20	>20	12
30.07.2013	>20	>20	

## 5.5 Wassergehalt

Um die Mieten (Varianten 1-3) im Feuchtigkeitsoptimum von 50-60% H<sub>2</sub>O zu halten wurde der Wassergehalt regelmäßig ermittelt. Da nicht die Absicht bestand Variante 4 zu bewässern, wurde dort auch nicht der Wasseranteil gemessen. Weiterhin waren die Daten hilfreich um ein „Fingerspitzengefühl“ für diesen Parameter zu entwickeln. Die abschließende Wassergehaltsmessung stellte außerdem eine Kontrolle zur Laboranalyse dar. In diesem Zuge wurde einmalig der Wassergehalt von Variante 4 bestimmt.

Es wurde zunächst eine Mischprobe jeder einzelnen Miete genommen. Von dieser wurde die Frischmasse gewogen. Im Anschluss wurden die Proben im Trockenschrank bei ca. 105 °C getrocknet und wieder gewogen. Der Wassergehalt wurde dann rechnerisch ermittelt.

**Tabelle 31: Wassergehalte (%)**

Datum	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
13.05.2013	53,0	52,0	51,0	
05.06.2013	49,0	50,0	46,0	
31.07.2013	44,3	45,8	39,5	59,5

Am Fuß der Kompostmieten konnte zu keinem Zeitpunkt ein wesentlicher Sickerwasseraustritt beobachtet werden. Variante 4 bildete diesbezüglich eine Ausnahme, hier staute sich Sickerwasser außerhalb des Silos an. Dieses sickerte allerdings kaum in den Boden und stand somit über eine lange Zeit an.

## 5.6 Kompost-Boniturung

Zusätzlich zu all den ermittelten Zahlen wurden abschließend die Komposteigenschaften noch haptisch, optisch und olfaktorisch beschrieben. Dabei half folgendes Boniturschema von „Humus & Erden Kontor GmbH“:

Humus & Erden Kontor GmbH	
<b>KOMPOST- BONITUR</b>	Achtung: Diese Bonitur <u>ersetzt nicht</u> die <u>Labo- analysen</u> , sondern hat orientierenden Charakter!
<b>Bewertungsschema GERÜCHLICHE EIGENSCHAFTEN</b>	
Bonitur	Merkmal
WE	nach guter Walderde/ Gartenerde
N	neutral
P	nach Pilzen
⊗	unangenehm bis abstoßend (z.B. säuerlich, stechend, faulig, nach Mist, nach Rohmaterial)
<b>Bewertungsschema FEUCHTIGKEIT</b>	
Boniturnote	Merkmal
1	optimale Feuchte - staubt nicht, glänzt nicht; Faustprobe: kaum formbar, nur winzige Klümpchen, etwas Schmutzrückstand in den Fingerrillen
2	gute Feuchte - staubt nicht, glänzt nicht; Faustprobe: etwas formbar, kleine Klümpchen, keine Wasserperlen zwischen den Fingern; deutlicher Schmutzrückstand in den Fingerrillen
3 T	etwas zu trocken - staubt, leicht mattes Aussehen, Faustprobe: kaum formbar, Pressprobe zerfällt; leichter Schmutzrückstand in den Fingerrillen- etwas wasserabweisend
3 F	etwas zu feucht – silbrig-glänzendes Aussehen, gut formbar, grobklumpig, Faustprobe: Wasserperlen treten zwischen den Fingern aus; Fingerkuppen flächig verschmutzt
4 T	deutlich zu trocken - staubt, mattes, grünliches Aussehen, hart, körnig, Faustprobe: nicht formbar, kein Schmutzrückstand in den Fingerrillen
4 F	deutlich zu nass - matschig, silbrig-glänzendes Aussehen, großklumpig, Faustprobe: deutlicher Presswässertritt zwischen den Fingern, Fingerkuppen ganzflächig verschmutzt
<b>Bewertungsschema ZERSETZUNGSGRAD / STRUKTUR</b>	
Boniturnote	Merkmal
1	völlig zersetzt, kein Strukturanteil mehr erkennbar, erdig
2	weitgehend zersetzt, geringer Strukturanteil, kleine Strukturanteile leicht zerreibbar, krümelig (außer bei hohen Sandanteilen), hoher Feinanteil
3	mäßig zersetzt, mäßiger Strukturanteil, deutlicher Feinanteil sichtbar
4	schwach zersetzt, Ausgangsmaterialien z. T. noch erkennbar (z.B. Laub, Streu), geringer Feinanteil, hoher Strukturanteil
5	Ausgangsmaterialien sehr gut erkennbar, kaum zersetzt, kein bzw. unerheblicher Feinanteil
<b>Gesamteinschätzung ROTTEFORTSCHRITT / REIFEZSTAND KOMPOST</b>	
Boniturnote	Merkmal
1	„Reifkompost“: stark mineralisiert ⇒ erdiges Aussehen, Geruch neutral oder nach guter Pflanzenerde; Farbe dunkelbraun bis schwarz – für alle Produkte einsetzbar, sofern Feuchtigkeit nicht zu hoch; im Übergangstadium zwischen 1 und 2 bes. geeignet für Sackware gärtnerische Erden
2	„Fertigkompost“; stabile, locker aneinander gelagerte Krümel, die ohne großen Widerstand in der Hand zerbröseln; selbst „hartnäckige“ Rohstoffe (z.B. Aststücke) weitestgehend zersetzt; Geruch neutral bis walderdeähnlich; Farbe dunkelbraun bis schwarz – für alle Produkte einsetzbar
3	Fortgeschrittener Reifezustand von „Frisch“ zu „Fertigkompost“; (wenn reifemäßig Übergang zu Stufe 2: für Gartenerde und Oberbodenmischung anteilig einsetzbar), Krümelbildung erkennbar, Geruch meist pilzig oder leicht muffig, Farbe dunkelbraun
4	Frischkompost, leichte zersetzbare Rohmaterialien z.T. noch erkennbar (z.B. Laub); wenig Krümel; ausgeprägter Rottegeruch nach den Ausgangsmaterialien (z.B. harzig, nach Bioabfällen)
5	Ausgangsmaterialien gut erkennbar, Farbe uneinheitlich hellbraun bis mittelbraun, starker Geruch (meist unangenehm, z.B. säuerlich)
<b>Bei der Einschätzung zu beachten ist, dass</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- je höher die Feuchtigkeit ist, desto dunkler ist die Farbe!</li> <li>- wenn der Kompost ausgetrocknet ist, er in allen Rottestadien geruchlos sein oder leicht muffig riechen kann!</li> </ul>	

Abbildung 23: Kompostboniturschema nach Humus & Erden Kontor GmbH

Varianten 1-3 wurden folgendermaßen bewertet:

**Tabelle 32: Bonitur von Variante 1-3, nach Humus & Erden Kontor GmbH**

<b>Merkmal</b>	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>	<b>Variante 3</b>
Geruch	N	N	N (-P)
Feuchtigkeit	2	2	2
Zersetzungsgrad	3	3	3
Reifezustand	3	3	3

Die Varianten 1-3 unterschieden sich nach dem Schema (Humus & Erden) kaum. Eine erweiterte Betrachtung lässt den Unterschied zwischen den Varianten sichtbar werden. Variante 1 & 2 glichen sich fast. Der Rottegrad von Variante 1 war leicht fortgeschrittener, die Farbe war dunkler, die Krümel gleichmäßiger. Im Vergleich zu diesen zwei Varianten setzte sich Variante 3 mäßig deutlich ab. In diesem Kompost war noch etwas mehr feine organische Rohsubstanz (Blattrippen,...) zu finden. Das Endprodukt hatte eine bräunliche Farbe, während Variante 1 & 2 etwas mehr zum schwärzlichen tendierten. Die Krümel von Variante 3 waren gröber und von unterschiedlicherer Größe. Grobe organische Bestandteile wie Holzhäcksel fanden sich in allen Varianten, jedoch waren diese bei zunehmender Wendehäufigkeit anscheinend durchnässter und dadurch weicher und verrotteter (näheres siehe 6.5). Leicht zersetzbare Substanzen wie Gemüse, Heu oder Stroh fanden sich in keiner oder nur in geringster Form in den ersten drei Varianten. Variante 4 erfuhr keine vergleichbare Rotte. Die Ausgangsorganik war noch weitgehend erkennbar. Der Geruch glich dem eines Stapelmistes. An den Randzonen wurde dieser Geruch durch eine faulige Note ergänzt. Die Endprodukte von Variante 1-3 konnten durchaus allesamt als Kompost bezeichnet werden. Das Ergebnis von Variante 4 war zwar ebenso unterscheidbar vom Rohkompost, allerdings bei weitem nicht so fortgeschritten wie die anderen Varianten. Der Feuchtigkeitsgehalt des Kompostsilos stieg von oben nach unten an.



Abbildung 24: Kompostplatz am 30.7.2013 (Varianten 1-3)



Abbildung 25: Variante 4, 30.7.2013



Abbildung 26: Variante 1, links 4.6.2013, rechts 31.8.2013



Abbildung 27: Variante 2, links 4.6.2013, rechts 31.8.2013



Abbildung 28: Variante 3, links 4.6.2013, rechts 31.8.2013

## 5.7 Laboranalysen 2

Die hier dargestellten Analysen wurden einmalig am Ende des Versuchs von Urs Hildebrandt (Landmanagement – United Research For Soil) durchgeführt. Die Fertigungskompostproben waren identisch mit denen, welche vom LHL analysiert wurden. Der einzige Unterschied war, dass die zu Herr Hildebrandt gesendeten Proben (ebenso 30.7.2013) nicht eingefroren waren und erst am 5.8.2013 analysiert wurden. Die Proben wurden verschlüsselt zu Herr Hildebrandt geschickt. Folgender Schlüssel wurde angewandt:

- a= Variante 2
- b= Variante 3
- c= Variante 1
- d1= Variante 4-oben
- d2= Variante 4-unten

Die anschließenden Ergebnisse wurden analysiert:

## Analyseprotokoll

Kunde: LWG Dottenfelderhof KG  
 Kundennr.: 17702  
 Adresse: Dottenfelderhof, 51118 Bad Vilbel  
 Tel.: +49 6101 6296 - 20

Probe: Probe c

Datum: 5/8/2013

Verdünnung: 1:3

Probe Nr: 2679

Labor Nr.	NO2 mg/kg	NO3 mg/kg	NH4 mg/kg	pH akt	pH pot	akt-pot	HW	Redox	Sulfid
2679	0	180	1,80	8,92	8,33	0,59			2

Fett-/Kursivdruck: entspricht nicht dem Sollwert n.mb.= nicht meßbar

### Soll-Werte für Komposte

NO2 mg/kg	NO3 mg/kg	NH4 mg/kg	pH akt	pH pot	akt-pot	HW	Redox	Sulfid
0	100-300	bis 2	7-8	7-8	0,3	50-70	27-29	0

NO2 = Nitrit, NO3 = Nitrat, NH4 = Ammonium, pH-Werte, Sulfid

### Anmerkungen zum Analyseprotokoll

**Besser als Lab.Nr. 2678, aber auch nicht fertig**



Peuerbach, 5/8/2013

U. Hildebrandt

## Analyseprotokoll

Kunde: LWG Dottenfelderhof KG  
 Kundennr.: 17702  
 Adresse: Dottenfelderhof, 51118 Bad Vilbel  
 Tel.: +49 6101 6296 - 20

Probe: Probe a

Datum: 5/8/2013

Verdünnung: 1:2

Probe Nr: 2677

Labor Nr.	NO2 mg/kg	NO3 mg/kg	NH4 mg/kg	pH akt	pH pot	akt-pot	HW	Redox	Sulfid
2677	0	450	1,50	8,74	7,98	0,76			1

Fett-/Kursivdruck: entspricht nicht dem Sollwert n.mb.= nicht meßbar

### Soll-Werte für Komposte

NO2 mg/kg	NO3 mg/kg	NH4 mg/kg	pH akt	pH pot	akt-pot	HW	Redox	Sulfid
0	100-300	bis 2	7-8	7-8	0,3	50-70	27-29	0

NO2 = Nitrit, NO3 = Nitrat, NH4 = Ammonium, pH-Werte, Sulfid

### Anmerkungen zum Analyseprotokoll

**Kompost nicht ganz fertig, noch ca. 2-3 Wochen pflegen, mindestens 2-3x wenden**



Peuerbach, 5/8/2013

U. Hildebrandt

## Analyseprotokoll

Kunde: LWG Dottenfelderhof KG  
 Kundennr.: 17702  
 Adresse: Dottenfelderhof, 51118 Bad Vilbel  
 Tel.: +49 6101 6296 - 20

Probe: Probe b

Datum: 5/8/2013

Verdünnung: 1:3

Probe Nr: 2678

Labor Nr.	NO2 mg/kg	NO3 mg/kg	NH4 mg/kg	pH akt	pH pot	akt-pot	HW	Redox	Sulfid
2678	0	630	1,35	8,78	8,32	0,46			2

Fett-/Kursivdruck: entspricht nicht dem Sollwert n.mb.= nicht meßbar

### Soll-Werte für Komposte

NO2 mg/kg	NO3 mg/kg	NH4 mg/kg	pH akt	pH pot	akt-pot	HW	Redox	Sulfid
0	100-300	bis 2	7-8	7-8	0,3	50-70	27-29	0

NO2 = Nitrit, NO3 = Nitrat, NH4 = Ammonium, pH-Werte, Sulfid

### Anmerkungen zum Analyseprotokoll

**Klumpiges Material, Abbau nicht abgeschlossen, zur Zeit der Probeentnahme zu feucht**



Peuerbach, 5/8/2013

U. Hildebrandt

## Analyseprotokoll

Kunde: LWG Dottenfelderhof KG  
 Kundenr.: 17702  
 Adresse: Dottenfelderhof, 51118 Bad Vilbel  
 Tel.: +49 6101 6296 - 20

Probe: Probe d1

Datum: 5/8/2013

Verdünnung: 1:3

Probe Nr: 2680

Labor Nr.	NO2 mg/kg	NO3 mg/kg	NH4 mg/kg	pH akt	pH pot	akt-pot	HW	Redox	Sulfid
2680	27	360	5,40	9,16	8,52	0,64			3

Fett-/Kursivdruck: entspricht nicht dem Sollwert n.mb.= nicht meßbar

### Soll-Werte für Komposte

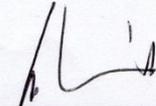
NO2 mg/kg	NO3 mg/kg	NH4 mg/kg	pH akt	pH pot	akt-pot	HW	Redox	Sulfid
0	100-300	bis 2	7-8	7-8	0,3	50-70	27-29	0

NO2 = Nitrit, NO3 = Nitrat, NH4 = Ammonium, pH-Werte, Sulfid

### Anmerkungen zum Analyseprotokoll

**Kein richtiger Kompostprozeß, zu wenig Struktur, roher Mist**

Peuerbach, 5/8/2013



U. Hildebrandt

Abbildung 32: Analyseprotokoll Fertigkompost Variante 4-oben

## Analyseprotokoll

Kunde: LWG Dottenfelderhof KG  
 Kundenr.: 17702  
 Adresse: Dottenfelderhof, 51118 Bad Vilbel  
 Tel.: +49 6101 6296 - 20

Probe: Probe d2

Datum: 5/8/2013

Verdünnung: 1:3

Probe Nr: 2681

Labor Nr.	NO2 mg/kg	NO3 mg/kg	NH4 mg/kg	pH akt	pH pot	akt-pot	HW	Redox	Sulfid
2681	4,2	18	4,80	8,91	8,45	0,46			4

Fett-/Kursivdruck: entspricht nicht dem Sollwert n.mb.= nicht meßbar

### Soll-Werte für Komposte

NO2 mg/kg	NO3 mg/kg	NH4 mg/kg	pH akt	pH pot	akt-pot	HW	Redox	Sulfid
0	100-300	bis 2	7-8	7-8	0,3	50-70	27-29	0

NO2 = Nitrit, NO3 = Nitrat, NH4 = Ammonium, pH-Werte, Sulfid

### Anmerkungen zum Analyseprotokoll

**Anaerober Kompostprozeß, zu wenig Struktur, roher Mist**

Peuerbach, 5/8/2013



U. Hildebrandt

## 6 Diskussion

### 6.1 Laboranalysen

#### 6.1.1 Rohkompost

Die Laboranalysen lassen erkennen, dass die Zusammenstellung der Variante gut gelungen ist. Einerseits entsprechen die realisierten Parameter (Wassergehalt und C:N-Verhältnis) gut den Zielvorstellungen. Andererseits gleichen sich die Varianten in ihrer stofflichen Zusammensetzung weitgehend. Selbst die C:N-Verhältnisse liegen nah beieinander. Auf den vermutlich fehlerhaften Wassergehalt von Variante 3 wurde bereits im Kapitel 5.2 hingewiesen.

#### 6.1.2 Fertigungskompost

Anhand der Fertigungskompostanalysen bestätigen sich die Reifezustände, wie sie in der Kompost-Bonitierung eingeschätzt wurden. Näheres zur N-Dynamik siehe Kapitel 3.5. Variante 1 enthält den geringsten Anteil CaCl<sub>2</sub>-löslichen Stickstoff (49 mg/l FM). Darauf folgt Variante 2 (98 mg/l FM) und anschließend 3 (160 mg/l FM). Der untere Teil von Variante 4 ist wohl der repräsentativere Teil des Silos (Begründung siehe Kapitel 5.2). Hier liegt der CaCl<sub>2</sub>-lösliche N<sub>min</sub>-Anteil äußerst hoch (647 mg/l FM).

### 6.2 Bilanzierung

Die Bilanzierung hat sich aufgrund weniger nicht vorhersehbarer Tatsachen als recht diffizil erwiesen. Mit den vorhandenen Werten wurde dennoch äußerst gewissenhaft und genau umgegangen. Die vorgenommenen Korrekturen dienten dafür, der Wahrheit ein Stück näher zu kommen und hatten (meiner Einschätzung nach) vollste Berechtigung. Die Ergebnisse der Bilanzierung geben das ungefähre Niveau des Substanzverlusts bei der Kompostierung -je nach Methode- wieder. Schließlich sollte man nicht außer Acht lassen, dass Analyseproben nur annähernd repräsentativ sein können und niemals die absolute Realität spiegeln können.

Die Ergebnisse ordnen sich dennoch größtenteils gut in den aktuellen Wissensstand auf dem Feld der Kompostierung ein. Man erkennt, dass mit zunehmender Pflegeintensität die Verluste (im Versuchszeitraum) steigen und gleichzeitig die Kompostreife gefördert wird. Trotz Bestätigung dieser Arbeitshypothese, verblüfft das unerwartet niedrige Niveau des Substanzverlustes. Bezüglich des Trockenmasseverlustes wurden zu Versuchsbeginn 50% als durchaus möglich erachtet. Diese Erwartung wurde bei weitem nicht erfüllt. Der Kohlenstoffverlust wiederum fand in dieser Größenordnung statt (33%-63%). Somit trägt dieser den größten Anteil am absoluten Trockensubstanzverlust. Der geringe Stickstoffverlust erfreut sehr. Zwar erscheint die N-Bilanz nicht so schlüssig wie die Trockenmasse- und C-Bilanz, man kann dennoch aussagen, dass sich die N-Verluste im Bereich von 10%-20% aufhalten. Der Grund dafür, dass sich die N-Verluste nicht so „linear“ verhalten liegt darin, dass es sehr schwer ist solche **minimalen Mengen** in so großen Kompostmieten fehlerfrei zu verfolgen. Die Ergebnisse verwundern zusätzlich aufgrund des intensiven Ammoniakgeruchs zu Beginn der Kompostierung. Die N- und C-Dynamik bedingen die Einengung des C:N-Verhältnisses, was ebenso gut zum Ausdruck kommt.

Augenscheinlich wurde eine starke Verkleinerung der Kompostmieten von verschiedenen Personen während des Kompostprozesses wahrgenommen. Diese lässt sich nicht durch die Substanzverluste erklären. Die Ursache dessen sind wohl der Wasserverlust, die Verlängerung der Miete durch den Wendevorgang und die Dichtlagerung während des Prozesses.

Etwas fragwürdig bleibt für mich, ob der Glühverlust stets zu ca. 58,1% aus Kohlenstoff besteht, oder ob man den Divident 1,72 an die Art des verglühten organischen Materials anpassen müsste. Andere BodenanalySELabors nutzen diesen konstanten Faktor allerdings ebenfalls zu diesem Zweck.

Der Bezug des Trockensubstanzverlustes sollte prinzipiell nur auf den organischen Anteil des Kompostes erfolgen. Dies wurde in Kapitel 5.2 beachtet. Abschließend muss aber noch eingeräumt werden, dass sich auch in den Gemüseabfällen Erde befand, welche bei diesem Schritt unbeachtet blieb. Der Anteil ist allerdings so gering, dass die Änderungen sehr marginal bliebe. Aus diesem Grund wurde diese kleine Verbesserung nicht nachträglich durchgeführt.

### **6.3 Temperaturdynamik:**

#### **Variante 1-3:**

Die starke Hitzebildung von Beginn der Kompostierung an zeugt von guten Ausgangsbedingungen für die beteiligten Mikroorganismen. Die Zusammensetzung der Mieten war also passend. Die Temperaturkurven (Abb. 17-19) lassen die oben beschriebenen vier Phasen der Kompostierung (Abbildung 1) gut wiedererkennen. Die erste mesophile Phase kommt nicht gut zum Ausdruck. Dies liegt wohl daran, dass die Rotte am 2. bzw. 3.5.2013 startete, die Temperaturlaufzeichnung aber erst am 5.5.2013. Die thermophile Phase zog sich etwa bis zum 22.5.2013. Die Abkühlungsphase schloss sich an. Die Wendung am 5.6.2013 führte in allen drei Varianten zu einem erneuten Aufheizen. Zum Ende des Versuchs lief es dann in eine zweite mesophile Phase aus. Dieser typische Temperaturverlauf bildete sich bei Variante 3 am deutlichsten aus. Die Temperaturamplitude von Variante 1 war am geringsten ausgeprägt. Auffällig beim Temperaturverlauf von Variante 1 ist, dass die zweite thermophile Phase zeitgleich mit den anderen zwei Varianten nach dem Wenden am 5.6.2013 stattfand. Ebenso können die nur marginal unterschiedlichen Temperatursummen über die gesamte Rottezeit verwundern. Die leicht erhöhte Temperatur von Variante 3 am Ende des Versuchs (30.7.2013) (Tabelle 34) im Vergleich zu den anderen Varianten (1 & 2) deutet darauf hin, dass der Rottegrad noch nicht so fortgeschritten war. Dies bestätigte sich ebenso am 8.8.2013 bei der Bonitierung der Komposte. Die nach der Auswiegung aufgeschütteten Haufen (getrennt nach den verschiedenen Varianten) ließen ohne weiteres erföhlen, dass Variante 3 deutlich wärmer war als die anderen zwei Varianten.

Die Wendungen sind gut anhand der Temperaturentwicklungen nachvollziehbar. Die Wendung am 14.5.2013 (Variante 1 & 2) kann beispielsweise gut an dem Temperaturabfall am 15.5.2013 erkannt werden. Andererseits führte das Wenden in einer anderen Phase der Kompostierung (5.6.2013) zur Ausbildung der zweiten thermophilen Phase. Die Wasser- und Erdzugaben (9. & 10.5.2013) während des Prozesses bewirkten ebenfalls eine gewisse Temperaturabsenkung, diese währte allerdings nicht sehr lange. Diese Maßnahmen waren in diesem Versuch zur Absenkung der Temperatur nicht sehr effektiv. Der Temperatureffekt des Wendens wurde weiterhin zwei Mal (14.5. & 20.5.2013) unmittelbar nach dem Wenden bestätigt (Tabelle 33).

#### **Variante 4:**

Die Temperatur des Kompostsilos (Variante 4) war im Messbereich wesentlich niedriger als bei den Kompostmieten (Variante 1-3). Dies ist vermutlich durch die erhöhte Verdichtung und den hiermit zusammenhängenden geringeren Sauerstoffgehalt bedingt. Diese These wird durch die Temperaturdifferenzierung innerhalb der oberen 60cm gestützt. Die Temperatur nimmt mit zunehmender Tiefe (von der Oberfläche aus) ab.

## 6.4 CO<sub>2</sub>-Dynamik

### Variante 1-3:

Die CO<sub>2</sub>-Dynamik folgte im Wesentlichen der Temperaturentwicklung in den Kompostmieten. Anhand dieser Daten ist die Anlaufphase zu Beginn der Rotte besser ersichtlich. Auch die zweite thermophile Phase kann in leichtem Ausmaß beobachtet werden. Der Wendeerfolg lässt sich anhand der Tabellen ebenfalls verfolgen (Tabelle 35/18.5.2013), jedoch nicht so gut wie bei den Temperatureaufzeichnungen. Auch hier wurde zwei Mal direkt nach dem Wenden die Wirksamkeit kontrolliert (Tabelle 33, 14.5. & 20.5.2013) und bestätigt. Auch die unterschiedlichen CO<sub>2</sub>-Summen weisen auf die Effektivität des Wendens, sowie der Kompostierungsmethode nach Variante 1 hin. Eine interessante Beobachtung ist, dass sich die Kompostmieten mit zunehmenden Alter selbst durchlüften, ohne dass gewendet wurde. Dies geht so weit, dass am letzten Messtag, der CO<sub>2</sub>-Gehalt auf 0% in allen drei Varianten gefallen ist (Die Funktionalität des Messinstruments bestätigte sich stets an Variante 4, welche immer einen hohen CO<sub>2</sub>-Gehalt aufwies.). Die Realisierung der Prinzipien der Kompostierungsmethode nach Variante 1 geschah „ein wenig pauschal“. Es war nicht möglich just in dem Moment die Miete zu wenden, wenn der CO<sub>2</sub>-Gehalt 12% ( $\cong$  8% O<sub>2</sub>) überstieg. Die Wendeintensität sank ab dem 21.5.2013, da die CO<sub>2</sub>-Bildung und somit -Anreicherung abschwächte.

### Variante 4:

In ähnlichem Maße, wie die Temperatur im Vergleich zu den anderen Varianten erniedrigt war, war der CO<sub>2</sub>-Gehalt während der gesamten Rottezeit erhöht. In fast jedem Bereich und zu fast jeder Zeit überstieg die Messflüssigkeit die Skala bei 20% CO<sub>2</sub>. Eine Schichtung des CO<sub>2</sub>-Gehalts war nicht so stark gegeben wie bei der Temperatur. Lediglich in den oberen 5-10cm lag dieser leicht unter 20%.

## 6.5 Wassergehalt

### Variante 1-3:

Wie in allen Bereichen des Lebendigen ist Wasser auch im Kompost von allergrößter Bedeutung. Aufgrund dessen gehört die Kontrolle des Wassergehalts zu den wichtigsten (oder ist sogar die wichtigste) Maßnahmen des gesamten Prozess. Der Weg, wie dies realisiert wird kann unterschiedlich sein. Die hier durchgeführte, genaue analytische Wassergehaltsmessung wurde der Wissenschaftlichkeit des Versuches gerecht. Es ist jedoch genauso gut möglich diesen Parameter mit seinem eigenen „Fingerspitzengefühl“ zu begleiten. Für die Tätigen dieses Versuchs waren die Analysewerte ein guter Maßstab für jegliche Kompostierungsaktivitäten in Zukunft.

Der absolute Wassergehalt der drei Varianten war über den gesamten Zeitraum gut. Zum Ende des Versuchs senkte sich dieser, was durchaus beabsichtigt ist. Die Wasserverteilung innerhalb der Varianten unterschied sich stark voneinander. Während das Wasser in Variante 1 und 2 stets gut verteilt vorlag, bildeten sich bei Variante 3 Schichten mit stark unterschiedlichem Wassergehalt aus. Das Wasser aus der oberen Kompostschicht verdampfte zügig, sodass diese bald nach dem letzten Wenden stark ausgetrocknet war. Dadurch kam dort jegliche mikrobielle Aktivität zum Erliegen was die Rotte bremste. Im Inneren der Miete (Mietenkern) bildete sich gleichzeitig ein sehr nasser („speckiger“) Kern aus. Im Übergangsbereich waren die Holzbestandteile sichtbar von einem weißen Myzel überzogen, was auf geringe Wasserverfügbarkeit hindeutet (Pilze sollen nicht die Fähigkeit haben Humus aufzubauen, sondern lediglich Lignin zu zersetzen). Diese Entwicklung war der Anlass Variante 3 -wie oben bereits erwähnt- vorzeitig zu wenden. Gerade für die gute Eingliederung der

holzigen Bestandteile aus dem Grünguthäcksel in den Kompostierungsprozess ist eine intensive Durchfeuchtung dieser grundlegend.

Wie bereits beschrieben liegt die Schwierigkeit der Methode von Variante 3 also darin, eine gleichmäßige Wasserverteilung in der Miete zu wahren. Die Erfahrung, dass Variante 1 trotz viel häufigerer Wendung keinen stärkeren Wasserverlust als Variante 2 und 3 erfuhr, verblüfft.

## 6.6 Kompost-Bonitierung

### Variante 1-3:

Die Endergebnisse von Varianten 1-3 waren in ihren Eigenschaften alle zufriedenstellend. Der Rottegrad von Variante 1 und 2 unterschied sich minimal. Variante 3 hingegen war noch nicht ganz so weit in der Entwicklung. Dies konnte man einerseits durch die Bonitur vernehmen und wurde weiterhin durch die Temperatur am Ende des Versuchs bestätigt. In allen drei Fällen handelte es sich um Komposte, welche sich im Übergangsstadium vom Frischkompost zum Reifkompost befanden und sich nur marginal voneinander unterschieden. Dennoch muss zugestanden werden, dass die Endprodukte von Variante 1 & 2 -auf der Grundlage der Kompost-Bonitierung- leicht hochwertiger erscheinen (Farbe, Krümelung, Rottegrad) als bei Variante 3. Anhand dieser Beurteilung erscheint die Häufigkeit mit welcher bei Variante 1 gewendet wurde als absolut unverhältnismäßig, da die Qualität sich nicht deutlich von den anderen zwei Varianten abhebt. Ähnlich könnte man bei Variante 2 im Verhältnis zu Variante 3 urteilen. Variante 3 ist trotz höchster Temperatursumme am hellsten. Die ist insofern bemerkenswert, da hohe Temperaturen im Kompost zu Verkohlung führen können, was sich durch einen dunklen (schwarzen) Fertigungskompost äußert.

### Variante 4:

Das Endergebnis von Variante 4 entsprach keinesfalls den Erwartungen, welche an diese Methode gestellt waren. Das Endprodukt war keinesfalls gut verrottet und erinnerte daher nicht an eine stabile Humusform. Diese Variante brachte nach ca. drei Monaten Versuchslaufzeit wohl das flüchtigste Endergebnis hervor. Der Geruch erinnerte nicht an Walderde und war auch bei weitem nicht neutral oder nach Pilz riechend. Ammoniak und Fäulnis dominierten. Wo der Fehler in dieser Variante lag ist nicht klar. Es könnte an der Zusammenstellung der Ausgangsmaterialien, aber auch an den nicht verwendeten -aber empfohlenen- Effektiven Mikroorganismen liegen. Diese Variante kann als misslungen beurteilt werden. Gleichzeitig repräsentieren die analytischen Ergebnisse in etwa einen Stapelmist, welcher nicht gewendet wurde und verhältnismäßig dicht lagerte. Dies kommt dem Versuch in Form einer zusätzlichen Referenz zugute.

## 6.7 Laboranalysen 2

### Variante 1-3:

Die Analysen ordnen sich in die vorhergehenden Ergebnisse ein. Der Gehalt mineralischen Stickstoffs steigt von Variante 1 zu Variante 3, was ein Zeichen mangelnder Reife ist. Im Abgleich mit den Analysen des LHL fällt der eindeutige Unterschied bezüglich des Nitrat-N und des Ammonium-N auf. Wie bereits erwähnt handelte es sich um die gleiche Probe. Die leicht unterschiedlichen Bezugsgrößen (LHL: Liter, U.H.: kg) können keine Antwort sein. Die leicht verzögerte Prüfung (5.8.2013) oder die Prüfmethode könnten ausschlaggebend sein. Der Sulfid-Gehalt war bei Variante 2 am niedrigsten. Insgesamt kann anhand der Soll-Werte und der beigefügten Kommentare erkannt werden, dass noch keine der drei Variante Eigenschaften eines Reifkomposts aufweist.

### Variante 4:

Bei dieser Probe war gleich sichtbar, dass es sich nicht um einen gelungenen Kompostierungsprozess handelte (siehe beistehende Kommentare). Insbesondere die hohen Sulfid-Werte unterstreichen dies. Die niedrigen Gehalte an Nitrat und Ammonium im unteren Bereich des Silos verwundern.

## 7 Sonstiges

An dieser Stelle sollen kurz zusätzliche Erkenntnisse dargestellt werden:

- Bei Versuchsmietengröße (ca. 2m Breits & 1,4m Höhe zu Kompostierungsbeginn): etwa 1 t Frischmasse pro laufenden Mietenmeter Rohkompost ( $\hat{=}$  ca. 350 kg Trockenmasse)
- Pro Miete (Variante 1-3) wurden etwa 700l Wasser eingebracht. Bei einer mittleren Mietenlänge von 14m entspricht dies etwa 50 l pro Mietenmeter. Bei einem Mietenumfang von 1200m könnten nach diesem Modell am Dottenfelderhof etwa 60000l Molke und Jauche in der Kompostierung verwertet werden.
- Bei guter Prozessführung ist eine Kompostierung mit minimalsten Sickerwasseranfall möglich. Auf Kali unterversorgten Böden (Dottenfelderhof) ist dies von besonderer Bedeutung. Für das Gelingen sind Kompostvliese nötig.

## 8 Abschlussbetrachtung und Danksagung

### 8.1 Kompostierungsprozess

Die Kompostierungsprozesse waren -mit Ausnahme von Variante 4- erfolgreich. Die Anfangszusammensetzung war gelungen, die Rotte kam gut in Gang, der Prozess wurde aufmerksam begleitet und die Endprodukte entsprachen hochwertigen (jungen) Komposten. Die angewandten Methoden des Wiegens, Trocknens und Analysierens waren zwar aufwendig, jedoch absolut lohnenswert um eine annähernd genaue Aussage zur Stoffdynamik machen zu können. Das hierbei erfahrene unerwartet niedrige Niveau des Substanzverlustes und die relativ geringen Unterschiede zwischen den Varianten überraschen positiv. Solch geringe N-Verluste veranlassen zu der Überlegung ob die Kompostierung -selbst in intensivster Form- verlustärmer sei als die Tiefstallmisttechnik. Dabei bleiben zwar während der Lagerung die Nährstoffe größtenteils erhalten, bei der Ausbringung hingegen kann es zu großen Verlusten (insbesondere Stickstoff) kommen. Verluste dieser Art sind bei der Ausbringung von Kompost minimal. Der Kohlenstoff schwindet hingegen in wesentlich höherem Maße, was der Grund für die Einengung des C:N-Verhältnisses ist. Dieser relativ große Kohlenstoffverlust im Vergleich zum Stickstoffverlust ist gewollt, da Stickstoff oft begrenzender Faktor im Pflanzenwachstum -insbesondere im Ökolandbau- ist und daher möglichst im Nährstoffkreislauf erhalten bleiben sollte. Der organisch gebundene Kohlenstoff im Betriebskreislauf korreliert nicht so stark mit dem Pflanzenwachstum. Dessen Verlust kann leicht durch die Einbringung von C-reichem Material (Grünguthäcksel) in den Kompost kompensiert werden.

Die Endprodukte der ersten drei Kompostierungsmethoden unterscheiden sich in geringem Maße voneinander. Der Arbeitsaufwand hingegen steigt massiv mit intensiverer Wendung der Mieten. Sehr interessante Phänomene waren die Temperatur- und die CO<sub>2</sub>-Dynamik von Variante 1 (siehe Kapitel 6.3 & 6.4), sowie die Verteilung des Wassers und die Durchlüftung von Variante 3. Trotz unterlassener Wendung sank der CO<sub>2</sub>-Gehalt dieser Variante ab einem bestimmten Punkt der Kompostierung von alleine ( $\cong$  Sauerstoffanstieg in der Miete). Die etwas gröbere Struktur des Materials und die eher geringe (aber optimale) Mietengröße begünstigten dies. Etwas problematisch war bei dieser Kompostierungsmethode die optimale Wasserverteilung innerhalb der Miete. Der obere Bereich trocknete zügig aus und im Mietenkern entstand bei Wasserüberschuss ein Speckkern. Diese Entwicklung führte bei Austrocknung zum Erliegen sämtlicher mikrobieller Aktivität und bei Vernässung zu Fehlumsetzungen. Hier zeigte sich deutlich, dass auch im Kompost -wie überall im Leben- **die Wasserverfügbarkeit** (ebenso O<sub>2</sub>) **elementarste Bedeutung für Lebensprozesse hat**. Diese Erkenntnis sollte meines Erachtens nach als grundsätzlichsste Prämisse bei jeder Form der Kompostierung beachtet werden. Auf diesen Grundsatz, die Erfahrung, dass häufige Wendung den Substanzverlust beschleunigt und auf die im Rahmen dieser Arbeit weiteren erbrachten Ergebnisse stützt sich meine Meinung, dass der bei Variante 2 und 3 betriebene Arbeitsaufwand unverhältnismäßig ist. Dieser spiegelt sich nicht in der Endproduktbeschaffenheit in gleichem Umfang wieder.

Ich denke, der Weg des Kompostbereitens mit dem Kompostwender ist ein gangbarer Weg um guten Kompost entstehen zu lassen. Als Maß der Wendehäufigkeit sollten in erster Linie der Wassergehalt und die Wasserverteilung herangezogen werden. Diesem Vorbild entspricht keine der vier erprobten Varianten. Am nächsten käme meiner Meinung nach Variante 3 diesem Optimum. Aber auch hier wäre zusätzliches Wenden nötig gewesen. Diese Empfehlung beschränkt sich für mich auf die Kompostierung mit dem Kompostwender und Kompostvliesen. Ein großer Vorteil dieses Systems

besteht darin, dass die Rottezeit verhältnismäßig kurz ist. Dies bedingt, dass der Kompost bald ausbringebereit und der flächenmäßige Kompostplatzumfang relativ gering ist. Sicherlich gibt es viele andere Wege, welche dem Kompost mehr Ruhe und längere Reife bei kontinuierlich guter Wasser- sowie Sauerstoffverteilung gewähren. Dabei handelt es sich um andere Kompostierungssysteme, welche vermutlich mindestens ebenwürdigen Kompost generieren (Verweis: Hof Marianhöhe kompostiert auf ganz interessante Weise ohne den Kompost je zu wenden).

Die Mikrobielle Karbonisierung (Variante 4) ist möglicherweise eine weitere zukunftsfähige Form der Kompostierung. Die beschriebenen Eigenheiten dieser Methode sind äußerst positiv zu bewerten. Leider gelang sie im Rahmen dieser Projektarbeit nicht. Das Endprodukt entsprach keineswegs den Beschreibungen. (Ehrlich gesagt entsprach es aber den Erwartungen, da es für mich schwer vorstellbar war das in diesem Milieu ein solcher Prozess ablaufen soll.) Wo der Fehler lag ist nicht offensichtlich. Vielleicht liegt der Fehler bei den nicht verwendeten, aber empfohlenen Effektiven Mikroorganismen. Das solche externen Hilfsmittel nicht zum Einsatz kommen sollten war allerdings von vorne herein gewollt. Dies widerstrebt meiner Meinung nach den Grundsätzen der Biodynamik. Rudolf Steiner beschrieb 1924 bereits, dass alles was eine Landwirtschaft braucht aus ihr heraus hervorgebracht werden kann und soll. Ich möchte diesbezüglich keineswegs dogmatisch sein. Jedoch denke ich an dieser Stelle, dass -wenn man sich dieses Phänomen zunutze machen möchte- man diese Technik so gut versuchen sollte zu verstehen, dass sie aus dem eigenen Betriebsumfeld heraus eingeleitet werden kann. Die überraschend niedrigen Verluste bei den anderen Formen der Kompostierung (Variante 1-3) relativieren die Möglichkeiten des Substanzerhalts, welche diese Methode verspricht.

Nachträglich bleibt noch folgendes festzuhalten:

- Die Pflanzenverträglichkeit der Fertigkomposte hätte simpel durch einen Kressetest getestet werden können. Dies verpasste ich leider. Auch die Analysen am LHL umfassten weder eine Pflanzenverträglichkeits- noch eine Unkrautsamen-Prüfung der Fertigkomposte.
- Die Fertigkomposte wurden durch Roland Ulrich (Andreashof) anhand der Chromatographie (nach Ehrenfried Pfeiffer) getestet. Die Testergebnisse lagen leider bei Fertigstellung der Projektarbeit noch nicht vor.
- Die Versuchsergebnisse enthalten noch weitere Aussagen. Ich habe mich in dieser Arbeit auf wenige beschränkt. Jeder Leser ist dazu eingeladen sich über meine Erkenntnisse hinaus mit den Ergebnissen zu beschäftigen
- Die nachträgliche Erdzugabe ist leider nicht völlig bedeutungslos. Zwar bleiben Stickstoff-, Kohlenstoff- und Trockenmassedynamik fast völlig unbeeinflusst, andere Nährstoffbilanzen wie Kalium allerdings nicht.
- Die Versuchsergebnisse belegen, dass bei intensiver Wendung der Substanzverlust beschleunigt wird. Ob dieser auch erhöht wird ist zwar naheliegend aber nicht bewiesen. Die Rotte von Variante 1 war am abgeschlossensten. Rein hypothetisch wäre es denkbar, dass die anderen Varianten im weiteren Verlauf der Rotte (auch nach der Ausbringung) in erhöhtem Maße(im Verhältnis zu Variante 1) noch Kohlenstoff und Stickstoff freisetzen.

## 8.2 Lernprozess

Ich bin sehr froh, dass ich die Möglichkeit hatte den Prozess der Kompostierung so praktisch kennen zu lernen. Diese Form der Auseinandersetzung ist meiner Einsicht nach wesentlich lehrreicher als das theoretische Studium – sei es noch so lange. Die sich entwickelnde Hitze, der Dampf, der Geruch und vieles mehr ziehen direkt in ihren Bann. Die Beschäftigung damit ist fast unumgänglich. Der Prozess ist faszinierend sobald man sich dessen wirklich bewusst wird. Diese Art und Weise des Heranführens werdender Bauern (im weitesten Sinne) an manche der landwirtschaftlichen Kernpunkte ist meiner Einschätzung nach sehr fruchtbar. Wichtiger als jegliche Erkenntnis zum Kompostmaterial /-substanz sind für mich die vielen grundlegenden Erkenntnisse und Fähigkeiten, die ich in dem Rahmen der Projektarbeit erlangt habe. Ich denke die Jahresarbeit hat mich gut auf eine weitere, wohl auch **umfassendere** (über das rein stoffliche hinaus) Beschäftigung mit diesem Thema vorbereitet.

## 8.3 Danksagung

In erster Linie möchte ich Ansgar Vortmann danken, der es mir ermöglichte im Rahmen der Jahresarbeit vieles zu lernen (insbesondere auf dem Gebiet der Kompostierung). Die Zusammenarbeit hat mir sehr gut gefallen. An nächster Stelle gebührt Dr. Schaaf vom Hessischen Landeslabor ein großer Dank. Herr Schaaf half zum einen bei der Versuchsplanung und ermöglichte zum anderen die aufwändigen und sehr wertvollen Laboranalysen. Ebenso danke ich Urs Hildebrandt für die zusätzlichen Kompostanalysen. Bei meine Kommilitone bedanke ich mich für die regelmäßige praktische Mithilfe. Ganz besonders soll Günter Schliebusch erwähnt werden, der viele Stunden zum Gelingen des Projekts beigetragen hat. Die Mithilfe einiger Angestellter und Auszubildender (insb. Tobias Braun) des Dottenfelderhofs war ebenfalls sehr wertvoll. Die gemeinsamen Überlegungen mit Martin von Mackensen waren sehr förderlich für die Arbeit. Insbesondere bin ich dankbar, dass ich durch viele Exkursionen die Möglichkeit hatte meinen „Komposthorizont“ um verschiedenste Kompostierungsmethoden (der besuchten Praktiker) zu erweitern. Abschließend möchte ich noch erwähnen, dass mich die verschiedensten Gespräche mit vielen Interessierten immer wieder erfreut und gestützt haben. Dieses Thema scheint mir im Moment sehr präsent zu sein.

## 9 Literaturverzeichnis

### Buchquellen:

BROCKHAUS-ENZYKLOPÄDIE (1990): F.A. BROCKHAUS, BAND 12

GOTTSCHALL R. (1990): KOMPOSTIERUNG, 4. AUFLAGE, C. F. MÜLLER VERLAG

HEYNITZ K. (1983): KOMPOST IM GARTEN, EUGEN ULMER VERLAG

RUSCH H. P. (1968): BODENFRUCHTBARKEIT, 2. AUFLAGE, KARL F. HAUG VERLAG

### Sonstige Quellen:

HILDEBRANDT U., SKRIPT ZUR AEROBEN KOMPOSTIERUNG

KÖRNER I. (2008): STICKSTOFFHAUSHALT BEI DER KOMPOSTIERUNG, HAMBURGER BERICHTE,  
BAND 33

SCHULTE-GELDERMANN E. ET AL. (2007): KONTROLLE VON RHIZOCTONIA SOLANI IN  
KARTOFFELN MIT EINER NEU ENTWICKELTEN REIHENAPPLIKATIONSTECHNIK VON  
SUPPRESSIVEN KOMPOSTEN, 9. WISSENSCHAFTSTAGUNG ÖKOLOGISCHER LANDBAU  
2007

WONSCHIK C.-R. (2012): MIKROBIELLE KARBONISIERUNG-EINE ALTERNATIVE ZUR  
KOMPOSTIERUNG (?!)



## 10.2 Temperaturrohdaten

Tabelle 34: Temperaturrohdaten Varianten 1-3 (°C)

Datum	Miete 1	Miete 2	Miete 3
5.5.	67	67	65
6.5.	69	69	68
7.5.	67	64	65
8.5.	64	61	68
9.5.	63	65	67
10.5.	61	65	67
11.5.	55	47	50
12.5.	61	63	66
13.5.	61	62	68
14.5.	61	62	68
15.5.	52	52	66
16.5.	56	61	63
17.5.	57	63	64
18.5.	58	59	64
20.5.	56	62	60
21.5.	49	61	61
22.5.	51	56	56
23.5.	59	60	52
24.5.	47	60	52
25.5.	50	57	47
26.5.	48	51	46
27.5.	59	56	47
28.5.	44	56	40
29.5.	53	56	46
30.5.	53	55	39
1.6.	46	47	34
3.6.	47	39	31
4.6.	42	38	35
5.6.	41	35	32
6.6.	44	35	34
7.6.	44	38	49
11.6.	50	39	53
12.6.	50	46	55
13.6.	52	50	57
14.6.	52	48	57
15.6.	44	47	52
16.6.	45	43	51
17.6.	50	45	51
18.6.	51	46	52
19.6.	50	47	52
20.6.	52	47	57
21.6.	50	44	52
22.6.	49	42	47
23.6.	45	41	45
24.6.	44	41	44
1.7.	38	33	35
8.7.	40	33	35
30.7.	32	32	35
Summe	2474	2440	2493

## 10.3 CO<sub>2</sub>-Rohdaten

Tabelle 35: Kohlenstoffdioxidrohdaten Varianten 1-3 (%)

Datum	Miete 1	Miete 2	Miete 3
5.5.	3	5	11
6.5.	4	11	18
7.5.	5	6	19
8.5.	6	5	20
9.5.	7	18	21
10.5.	11	19	21
11.5.	15	17	20
12.5.	6	9	16
13.5.	7	17	16
14.5.	14	19	17
15.5.	14	15	14
16.5.	16	21	15
17.5.	17	21	16
18.5.	12	17	11
20.5.	8	16	9
21.5.	6	10	6
22.5.	4	8	9
23.5.	12	15	8
24.5.	15	13	11
25.5.	10	16	11
26.5.	11	15	5
27.5.	10	7	7
28.5.	7	9	7
29.5.	5	11	7
30.5.	8	7	7
1.6.	5	2	3
3.6.	6	2	1
4.6.	3	6	6
5.6.	7	3	2
6.6.	5	3	6
7.6.	5	4	10
11.6.	4	2	8
12.6.	6	7	12
13.6.	4	6	8
14.6.	5	2	4
15.6.	2	2	4
16.6.	3	6	9
17.6.	3	2	4
18.6.	3	4	4
19.6.	3	3	3
20.6.	2	3	3
21.6.	2	3	2
22.6.	2	3	3
23.6.	2	4	3
24.6.	2	3	3
1.7.	3	4	3
8.7.	2	3	3
29.7.	0	0	0
Summe	306	397	420

#### **10.4 Laboranalysen des einzelnen Komponenten**

Die Analyseproben wurden zusammen mit Dr. Schaaf vom LHL am 29.4. genommen. Der Wassergehalt der Gemüsereste ist relativ gering, da gewisse Erdbeimengungen zu diesem Ausgangsstoff gehörten. Dies war nicht umgänglich, da diese Komponente aus den Abfällen des Gemüsebaus des Dottenfelderhofs bestand, welcher nunmal zu gewissen Teilen aus Erde besteht.

**Analyseergebnisse**

Parameter	Ergebnisse	Einheiten	Prüfmethoden
Arsen	0,76	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Thallium	0,04	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Bor	20,0	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Kobalt	1,34	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Molybdän	2,91	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Eisen (Fe)	1890	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Mangan (Mn)	268	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Selen (Se)	0,34	mg/kg	DIN 38405-23
Salmonellen	negativ	50g (ml)	§64 LFGB L 00.00-20
Wassergehalt	79,9	% FM	Wassergehalt
Glühverlust	80,6	% TM	Glühverlust
Rohdichte (Volumengewicht)	551	g/l FM	Rohdichte(Volumengewicht)
pH-Wert (CaCl2)	8,4		VDLUF MB Bd 1, A 5.1.1.4
pH-Wert (H2O)	8,9		VDLUF MB Bd 1, A 5.1.1.4
Stickstoff (Gesamt)	1,76	% TM	Stickstoff (Gesamt)
Phosphat (P2O5)	1,59	%	DIN EN ISO 11885
Kaliumoxid (K2O)	2,27	%	DIN EN ISO 11885
Magnesiumoxid (MgO)	0,79	% TM	DIN EN ISO 11885
Calciumoxid (CaO)	2,42	% TM	DIN EN ISO 11885
Schwefel (Gesamt)	0,25	% TM	DIN EN ISO 11885
Blei	1,95	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Cadmium	0,19	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (Cr)	5,94	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Kupfer	43,2	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Nickel	6,81	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Quecksilber (Hg)	0,02	mg/kg TM	DIN EN 12338
Zink (Zn)	172	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Enterokokken	1500	KbE/g	BGGK Kap. VI C4
E. coli	46000	KbE/g	BGGK C3

i.A. Dr. Schaaf (Prüfleiter)

Dieser Prüfbericht wurde maschinell erstellt und ist gegebenenfalls auch ohne Unterschrift gültig.  
 Der Prüfbericht gilt nur für die untersuchte(n) Probe(n). Er darf auszugsweise nur mit schriftlicher Genehmigung des LHL kopiert werden.

Abbildung 34: Analyseprotokoll Rindermist

**Analysenergebnisse**

Parameter	Ergebnisse	Einheiten	Prüfmethoden
Arsen	<b>0,71</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Thallium	<b>0,04</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Bor	<b>19,3</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Kobalt	<b>0,83</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Molybdän	<b>2,50</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Eisen (Fe)	<b>1880</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Mangan (Mn)	<b>135</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Selen (Se)	<b>0,08</b>	mg/kg	DIN 38405-23
Salmonellen	<b>negativ</b>	50g (ml)	§64 LFGB L 00.00-20
Wassergehalt	<b>81,5</b>	% FM	Wassergehalt
Glühverlust	<b>81,0</b>	% TM	Glühverlust
Rohdichte (Volumengewicht)	<b>513</b>	g/l FM	Rohdichte(Volumengewicht)
pH-Wert (CaCl <sub>2</sub> )	<b>7,9</b>		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1.4
pH-Wert (H <sub>2</sub> O)	<b>8,3</b>		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1.4
Stickstoff (Gesamt)	<b>1,74</b>	% TM	Stickstoff (Gesamt)
Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	<b>1,75</b>	%	DIN EN ISO 11885
Kaliumoxid (K <sub>2</sub> O)	<b>3,70</b>	%	DIN EN ISO 11885
Magnesiumoxid (MgO)	<b>0,68</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Calciumoxid (CaO)	<b>1,85</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Schwefel (Gesamt)	<b>0,30</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Blei	<b>2,21</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Cadmium	<b>0,17</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (Cr)	<b>5,42</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Kupfer	<b>26,1</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Nickel	<b>4,37</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Quecksilber (Hg)	<b>0,03</b>	mg/kg TM	DIN EN 12338
Zink (Zn)	<b>171</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Enterokokken	<b>1100000</b>	KbE/g	BGGK Kap. VI C4
E. coli	<b>240000</b>	KbE/g	BGGK C3

i.A. Dr. Schaaf (Prüfleiter)

Dieser Prüfbericht wurde maschinell erstellt und ist gegebenenfalls auch ohne Unterschrift gültig.  
 Der Prüfbericht gilt nur für die untersuchte(n) Probe(n). Er darf auszugsweise nur mit schriftlicher Genehmigung des LHL kopiert werden.

Abbildung 35: Analyseprotokoll Schweinemist

**Analysenergebnisse**

Parameter	Ergebnisse	Einheiten	Prüfmethoden
Arsen	<b>3,10</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Thallium	<b>0,17</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Bor	<b>29,1</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Kobalt	<b>4,29</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Molybdän	<b>3,04</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Eisen (Fe)	<b>7180</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Mangan (Mn)	<b>394</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Selen (Se)	<b>0,39</b>	mg/kg	DIN 38405-23
Salmonellen	<b>negativ</b>	50g (ml)	§64 LFGB L 00 00-20
Wassergehalt	<b>64,8</b>	% FM	Wassergehalt
Glühverlust	<b>47,4</b>	% TM	Glühverlust
Rohdichte (Volumengewicht)	<b>797</b>	g/l FM	Rohdichte(Volumengewicht)
pH-Wert (CaCl <sub>2</sub> )	<b>8,2</b>		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1.4
pH-Wert (H <sub>2</sub> O)	<b>8,5</b>		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1.4
Stickstoff (Gesamt)	<b>2,74</b>	% TM	Stickstoff (Gesamt)
Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	<b>2,22</b>	%	DIN EN ISO 11885
Kaliumoxid (K <sub>2</sub> O)	<b>1,69</b>	%	DIN EN ISO 11885
Magnesiumoxid (MgO)	<b>1,08</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Calciumoxid (CaO)	<b>7,58</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Schwefel (Gesamt)	<b>0,27</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Blei (Pb)	<b>11,8</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Cadmium	<b>0,46</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (Cr)	<b>29,1</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Kupfer	<b>55,3</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Nickel	<b>16,6</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Quecksilber (Hg)	<b>0,04</b>	mg/kg TM	DIN EN 12338
Zink (Zn)	<b>296</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Enterokokken	<b>11000</b>	KbE/g	BGGK Kap. VI C4
E. coli	<b>93</b>	KbE/g	BGGK C3

i.A. Dr. Schaaf (Prüfleiter)

Dieser Prüfbericht wurde maschinell erstellt und ist gegebenenfalls auch ohne Unterschrift gültig.  
 Der Prüfbericht gilt nur für die untersuchte(n) Probe(n). Er darf auszugsweise nur mit schriftlicher Genehmigung des LHL kopiert werden.

Abbildung 36: Analyseprotokoll Hühnerkot

**Analyseergebnisse**

Parameter	Ergebnisse	Einheiten	Prüfmethoden
Wassergehalt	<b>43,1</b>	% FM	Wassergehalt
Glühverlust	<b>94,8</b>	% TM	Glühverlust
pH-Wert (CaCl <sub>2</sub> )	<b>6,2</b>		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1.4
pH-Wert (H <sub>2</sub> O)	<b>6,8</b>		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1.4
Stickstoff (Gesamt)	<b>0,68</b>	% TM	Stickstoff (Gesamt)
Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	<b>0,23</b>	%	DIN EN ISO 11885
Kaliumoxid (K <sub>2</sub> O)	<b>0,54</b>	%	DIN EN ISO 11885
Magnesiumoxid (MgO)	<b>0,174</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Calciumoxid (CaO)	<b>1,85</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Schwefel (Gesamt)	<b>0,06</b>	% TM	DIN EN ISO 11885
Blei	<b>1,57</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Cadmium	<b>0,17</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (Cr)	<b>21,1</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Kupfer (Cu)	<b>&lt;10,0</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Nickel	<b>11,0</b>	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Quecksilber (Hg)	<b>0,01</b>	mg/kg TM	DIN EN 12338
Zink (Zn)	<b>42,3</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Arsen	<b>0,21</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Thallium	<b>&lt;0,03</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Bor	<b>16,0</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Kobalt	<b>2,57</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Molybdän	<b>0,82</b>	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Eisen (Fe)	<b>551</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Mangan (Mn)	<b>73,4</b>	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Selen (Se)	<b>&lt;0,05</b>	mg/kg	DIN 38405-23

i.A. Dr. Schaaf (Prüfleiter)

Dieser Prüfbericht wurde maschinell erstellt und ist gegebenenfalls auch ohne Unterschrift gültig.  
 Der Prüfbericht gilt nur für die untersuchte(n) Probe(n). Er darf auszugsweise nur mit schriftlicher Genehmigung des LHL kopiert werden.

Abbildung 37: Analyseprotokoll Grünguthäcksel

**Analyseergebnisse**

Parameter	Ergebnisse	Einheiten	Prüfmethoden
Wassergehalt	47,9	% FM	Wassergehalt
Glühverlust	27,2	% TM	Glühverlust
pH-Wert (CaCl <sub>2</sub> )	6,9		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1.4
pH-Wert (H <sub>2</sub> O)	7,6		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1.4
Stickstoff (Gesamt)	0,57	% TM	Stickstoff (Gesamt)
Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,33	%	DIN EN ISO 11885
Kaliumoxid (K <sub>2</sub> O)	1,17	%	DIN EN ISO 11885
Magnesiumoxid (MgO)	0,50	% TM	DIN EN ISO 11885
Calciumoxid (CaO)	0,66	% TM	DIN EN ISO 11885
Schwefel (Gesamt)	0,07	% TM	DIN EN ISO 11885
Blei	15,8	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Cadmium	0,22	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (Cr)	42,0	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Kupfer	15,4	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Nickel	22,9	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Quecksilber (Hg)	0,05	mg/kg TM	DIN EN 12338
Zink (Zn)	51,5	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Arsen	7,11	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Thallium	0,29	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Bor	21,6	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Kobalt	9,25	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Molybdän	0,44	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Eisen (Fe)	14500	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Mangan (Mn)	607	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Selen (Se)	0,10	mg/kg	DIN 38405-23

I.A. Dr. Schaaf (Prüfleiter)

Dieser Prüfbericht wurde maschinell erstellt und ist gegebenenfalls auch ohne Unterschrift gültig.  
 Der Prüfbericht gilt nur für die untersuchte(n) Probe(n). Er darf auszugsweise nur mit schriftlicher Genehmigung des LHL kopiert werden.

Abbildung 38: Analyseprotokoll Gemüseabfälle

**Analysenergebnisse**

Parameter	Ergebnisse	Einheiten	Prüfmethoden
Keimf. Samen u. Pflanzenteile	0	pro L	BGGK II 9
Wassergehalt	14,8	% FM	Wassergehalt
Glühverlust	85,2	% TM	Glühverlust
pH-Wert (CaCl <sub>2</sub> )	6,0		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1.4
pH-Wert (H <sub>2</sub> O)	6,2		VDLUFA MB Bd 1, A 5.1.1.4
Stickstoff (Gesamt)	2,34	% TM	Stickstoff (Gesamt)
Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,67	%	DIN EN ISO 11885
Kaliumoxid (K <sub>2</sub> O)	2,76	%	DIN EN ISO 11885
Magnesiumoxid (MgO)	0,54	% TM	DIN EN ISO 11885
Calciumoxid (CaO)	1,97	% TM	DIN EN ISO 11885
Schwefel (Gesamt)	0,20	% TM	DIN EN ISO 11885
Blei	2,35	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Cadmium	0,09	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (Cr)	62,3	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Kupfer	10,2	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Nickel	33,1	mg/kg TM	DIN EN ISO 17294-2
Quecksilber (Hg)	0,01	mg/kg TM	DIN EN 12338
Zink (Zn)	43,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Arsen	0,70	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Thallium	0,03	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Bor	20,7	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Kobalt	1,94	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Molybdän	2,89	mg/kg	DIN EN ISO 17294-2
Eisen (Fe)	2120	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Mangan (Mn)	93,6	mg/kg	DIN EN ISO 11885
Selen (Se)	<0,05	mg/kg	DIN 38405-23

i.A. Dr. Schaaf (Prüfleiter)

Dieser Prüfbericht wurde maschinell erstellt und ist gegebenenfalls auch ohne Unterschrift gültig.  
 Der Prüfbericht gilt nur für die untersuchte(n) Probe(n). Er darf auszugsweise nur mit schriftlicher Genehmigung des LHL kopiert werden.

Abbildung 39: Analyseprotokoll Futterreste (Heu)